Deforestación en la Amazonía al 2025

Bajo un enfoque de accesibilidad al bosque

Pasado y Futuro de la Deforestación en la Amazonía

Pérdida de bosque ocurrida entre 2001-2020 y escenarios predictivos al año 2025

RAISG

Septiembre, 2022

RAISG

RED AMAZÓNICA DE INFORMACIÓN SOCIOAMBIENTAL GEORREFERENCIADA

Miembros de la RAISG:

Con el apoyo de:

EQUIPO DE TRABAJO

Armando Rodríguez Montellano - FAN	Sandra Rios -IBC
Rodney Camargo Arce – FAN	Nicole Moreno-IBC
Saúl Cuellar -FAN	Zuley Cáceres -IBC
Sara Espinoza - FAN	Juan Carlos Amilibia - Provita
Clayton Bittencourt - ISA	Rodrigo Lazo - Provita
Cicero Augusto - ISA	Luis Medina - Wataniba
Adriana Rojas - GAIA Amazonas	Tina Oliveira-Miranda - Wataniba
Andrés Llanos -GAIA Amazonas	
Karen Andrea Huertas -GAIA Amazonas	
María Olga Borja - Ecociencia	
Rodrigo Torres – Ecociencia	
Sandra Terán – Ecociencia	

REVISIÓN

Saúl Cuéllar

Marlene Quintanilla

Dorys Méndez

Sandra Rios

Tina Oliveira-Miranda

DISEÑO MAPAS

Marlene Quintanilla

Saúl Cuellar

Sara Espinoza - FAN

FOTOGRAFÍAS

Jan Spickenbom / Luis Céspedes

Marlene Quintanilla

Saúl Cuéllar

Hermes Justiniano

ÍNDICE

1. Amazonía y deforestación en los últimos veinte años 11
1.1 Descripción de la Amazonía 11
1.2 Situación actual y una mirada histórica de la deforestación en la Amazonía 12
1.3. Deforestación en Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas 18

2. Principales impulsores vinculados a la deforestación en la Amazonía 21
2.1 Infraestructura vial 22
2.2 Actividad agropecuaria 24
2.3 Marco legal relacionado con procesos de deforestación: caso países amazónicos 26
Bolivia 26
Brasil 26
Colombia 27
Ecuador 28
Guyana 30
Guyane Française 30
Perú 30
Suriname 31
Venezuela 32

3. El futuro de la deforestación en la Amazonia 34
3.1 Alternativas para abordar este tema 34
3.2 Metodología 35
3.2.1 Descripción del modelo 35
3.2.2 Preparación de variables de entrada 37
3.2.3 Modelo de probabilidades de deforestación 38
3.2.4 Construcción de escenarios futuros 39
3.2.5 Factores de accesibilidad que explican la deforestación en los diferentes biomas 40
3.3 Probabilidad de deforestación en la Amazonia 45

4. Resultados 50
4.1 Perspectivas de la deforestación en la Amazonia al 2025 50
4.1.1 Tendencias por escenarios para la Región Amazónica 50
4.1.2 Tendencias y escenarios para las Áreas Naturales Protegidas y los Territorios Indígenas 53
4.1.3 Tendencias y escenarios de la deforestación por países 59

5. Consideraciones finales 62
5.1 Principales conclusiones o hallazgos 62
5.2. Perspectivas y consideraciones en el estudio desde el punto de vista metodológico 64
5.3 Consideraciones deben hacerse sobre la aplicabilidad del modelo 64
6. Anexos 66
6.1. Gráficos de escenarios de deforestación 2021-2025 por países, considerando la deforestación histórica 2001-2020. 66

Bolivia 66
Brasil 67
Colombia 68
Ecuador 69
Guyana 70
Guyana Francesa 71
Perú 72
Surinam 73
Venezuela 74

6.2. Estudios de caso por país 75
6.2.1. Estudio de Caso Bolivia: Territorio Chiquitano 75
6.2.2. Estudio de Caso Brasil: Nova fronteira de expansão agropecuária – Zona de Desenvolvimento Sustentável Abunã - Madeira 80
6.2.3. Estudio de Caso Colombia - Parque Nacional Natural Tinigua 86
6.2.4. Estudio de Caso Ecuador - Reserva de Biosfera Sumaco 89
6.2.5. Estudio de Caso Guyanas – Distrito Cuyuni - Mazaruni 91
6.2.6. Estudio de Caso Perú - Territorio Kakataibo 95
6.2.7. Estudio de Caso Suriname y Guayana Française Río Saramacca y Río Maroni 98
6.2.8. Estudio de Caso Venezuela - Parque Nacional Duida Marahuaca 102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Extensión y países de ocurrencia 12
Tabla 2. Bosque existente para el 2000 y deforestación en el periodo 2001-2020 en la región Amazónica y los países que la conforman. 13
Tabla 3. Deforestación 2001-2020 dentro y fuera de TI y ANP según países de la Amazonía. 19
Tabla 4. Densidad de vías por tipo y país en la Amazonía año 2020. 23
Tabla 5. Densidad de vías por tipo de Área Natural Protegida en la Amazonía para el año 2020. 24
Tabla 6. Variables seleccionadas para estimar la deforestación en Amazonía al 2025. 37
Tabla 7. Deforestación histórica (2001-2020) y esperada (2021-2025) bajo diferentes escenarios en la Región Amazónica. 54
Tabla 8. Escenarios de proyección de la deforestación por países, con relación a la tasa quinquenal por país. 60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Biomas propuestos por la iniciativa MapBiomas-Raisg (2018)para la región Amazónica 11
Figura 2. Dinámica de la deforestación anual en la región Amazónica 14
Figura 3. Tendencia histórica de la deforestación en los países amazónicos 15
Figura 4. Distribución del Bosque existente para 2000 y deforestación para el periodo 2001-2020 en la región Amazónica y sus unidades de gestión y conservación (ANP y TI) 18
Figura 5. Probabilidad de deforestación en la Amazonía: aproximación metodológica 36
Figura 6. Periodo de análisis de modelo de probabilidad 38
Figura 7. Cálculo de tasas de deforestación y escenarios futuros. Las tasas se refieren a un acumulado que definen los escenarios 39
Figura 8. Frecuencia de deforestación por proximidad a caminos principales y secundarios en los diferentes biomas 40-41
Figura 9. Frecuencia de deforestación por proximidad a ríos navegables en los diferentes biomas 42
Figura 10. Frecuencia de deforestación por altitud (msnm) en los diferentes biomas 43
Figura 11. Frecuencia de deforestación por pendiente en los diferentes biomas 43
Figura 12. Frecuencia de deforestación por proximidad a centros poblados 44
Figura 13. Frecuencia de deforestación por proximidad a bosque remanente en los diferentes biomas 45
Figura 14. Resultados de probabilidad de deforestación utilizando la técnica de Machine learning en la plataforma Google Earth Engine 46
Figura 15. Importancia de la accesibilidad y las condiciones del terreno en el modelo de probabilidades de deforestación 47
Figura 16. Deforestación probable estimada para el periodo 2021-2025 bajo tres escenarios: Optimista, Moderado y Pesimista 51
Figura 17. Deforestación quinquenal 2001-2020 y Escenarios probables al 2025 considerando áreas con mayor probabilidad de ocurrencia en la Amazonía. 52
Figura 18. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en Amazonía 53
Figura 19. Proporción de la deforestación proyectada al 2025 dentro y fuera de TI y ANP de la Amazonía, en tres escenarios: optimista, pesimista y moderado. 54
Figura 20. Deforestación proyectada bajo el Escenario Moderado al 2025 en superposición con Áreas Protegidas y Territorios Indígenas. 55
Figura 21. Deforestación proyectada bajo el Escenario Optimista al 2025 en superposición con Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas. 56
Figura 22. Deforestación proyectada bajo el Escenario Pesimista al 2025 en superposición con Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas. 57
Figura 23. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en Territorios Indígenas. 58

Figura 24. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en ÁNP. 58
Figura 25. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 fuera de TI y ANP. 59
Figura 26. Mapa bivariado del escenario de deforestación y proporción de bosque remanente al año 2025. 63
Figura 27. Escenarios de deforestación en la Amazonía boliviana 2021-2025 66
Figura 28. Escenarios de deforestación en la Amazonía brasileña 2021-2025 67
Figura 29 Escenarios de deforestación en la Amazonía colombiana 2021-2025 68
Figura 30. Escenarios de deforestación en la Amazonía ecuatoriana 2021-2025 69
Figura 31. Escenarios de deforestación en la Amazonía guyanesa 2021-2025 70
Figura 32. Escenarios de deforestación en la Amazonía guyanesa francesa 2021-2025 71
Figura 33. Escenarios de deforestación en la Amazonía peruana 2021-2025 72
Figura 34. Escenarios de deforestación en la Amazonía de Surinam 2021-2025 73
Figura 35. Escenarios de deforestación en la Amazonía venezolana 2021-2025 74
Figura 36. Avance de la deforestación. De izquierda a derecha 2013 y 2020 76
Figura 37. El territorio de la Chiquitanía chaqueado y quemado. Fuente: Luis Borda, CEDIB. Izquierda: Ganadería en la zona chiquitana. Fuente: FEGASACRUZ 78
Figura 38. Modelo de probabilidad de deforestación - Chiquitania 79
Figura 39. Ubicación de los municipios en la ZDS Abunã-Madeira (anteriormente “Amacro”) 80
Figura 40. Trayectoria de deforestación en la ZDS Abunã-Madeira 81
Figura 41. Deforestación en el ZFS en los últimos cinco años 82
Figura 42. Distribución de las propiedades rurales registradas en el CAR hasta diciembre/ 2020 por clase de tamaño 83
Figura 43. Escenarios de probabilidad de deforestación en la ZDS 85
Figura 44. Modelo de probabilidad de deforestación en los parques Tinigua, Macarena y Picachos 87
Figura 45. Mapa de deforestación 2000 - 2020 sobre la jurisdicción de los parques Tinigua, Macarena y Picachos 88
Figura 46. Resultado de los modelos de probabilidad de deforestación futura en la porción occidentalde las provincias de Orellana y Sucumbíos, Ecuador. Elaboración: Fundación EcoCiencia, 2021. 89
Figura 47. Avance de la deforestación dentro de la Reserva de Biósfera Sumaco, en la parroquia SanJosé de Guayusa, Orellana, Ecuador (-77.125034,-0.229348). Imágenes de diciembre de 2019 (izquierda)y octubre de 2021 (derecha) Créditos: PlanetLabs Inc. Elaboración Ecociencia. 91
Figura 48. Actividad minera. Fuentes Amazonía Bajo Presión- RAISG 92
Figura 49. La minería. La minería Fuente: diario El Universal Caracas, Venezuela -08/06/09. Gobierno venezolano. Derecha: Desde la parte superior izquierda: una tienda de suministros para la minería, una carretera secundaria hacia Puruni, mercurio vendido en un mostrador en una botella de ron El Dorado, un transporte de agua sobre los múltiples remansos del interior de Guyana, Puruni, el centro minero. 93
Figura 50. Desde la parte superior izquierda: un minero que lava sedimentos, un minero que usa una bomba de presión, un pantano natural en el área minera, una excavadora. Fuente: planetgold.org 94

Figura 51. Mapa de escenarios de deforestación para el 2025 95
Figura 52. Avance de la deforestación en el territorio kakataibo durante el periodo 2000-2020 96
Figura 53. Modelo de probabilidad de deforestación en el territorio Kakataibo 97
Figura 54. Mapa Base. Fuente FAN, 2022 98
Figura 55. La minería del oro (en rojo) en áreas donde viven comunidades de Maroons (izq). Una mina de oro ocupa las costas de la Reserva de Agua Brokopondo al centro de Surinam (der). Fuente Amazon Conservation Team ACT. 99
Figura 56. Pérdida de bosque primario en Suriname. Fuente: Global Forest Watch 100
Figura 57. La minería encontrada en grandes centros de minería ilegal como este, cerca del río Maroni. Derecha: El mercurio se usa para separar el oro de la tierra. Fuente: Claire Press - BBC News 101
Figura 58. Mapa de escenarios de deforestación para el 2025 102
Figura 59. Parque Nacional Duida Marahuaca, estado Amazonas 103
Figura 60. Modelo de probabilidad de deforestación en el Parque Nacional Duida Marahuaca, estado Amazonas 105

1. Amazonía y deforestación en los últimos veinte años

1.1 Descripción de la Amazonía

La Amazonía, también denominada región Amazónica se ubica en América del Sur y es una de las extensiones más megadiversas del mundo. Se extiende por nueve países (Figura 1). Aquí no sólo encontramos las formaciones forestales que conforman los bosques húmedos tropicales, sino otras coberturas como los manglares, los pantanos, matorrales, sabanas y pastizales.

El ámbito geográfico de la Región se extiende por aproximadamente 8.470.209 km^2, que corresponde, por una parte, a los territorios de la cuenca del río Amazonas de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guyane française, Perú, Suriname y Venezuela. Además de parte de la cuenca del río Orinoco y su delta, las cuencas de los ríos Cuyuní, Esequibo, Suriname y demás ríos costeros de las tres Guyanas. Esta definición de la Amazonía incorpora, además, aspectos biogeográficos de la diversidad biológica, que le dan una perspectiva de unidad funcional.

En la región amazónica, comprendida por el territorio dentro del límite RAISG, se han identificado seis biomas con características diferenciadas de cobertura, tanto fenológicas como orográficas que la iniciativa MapBiomas Amazonía, liderada por RAISG, denomina biomas (Figura 1) (RAISG 2021)[1]. A continuación, se presenta una descripción de esas seis unidades, los datos de área y países que los componen (Tabla 1).

Figura 1. Biomas propuestos por la iniciativa MapBiomas-Raisg (2018) para la región Amazónica

[1] ATBD MapBiomas Amazonía Colección 3.0. 2021

Tabla 1. Extensión y países de ocurrencia.

Bioma	Área (km²)	%	Características	Países que lo componen
Amazonía	6.991.167	82,5	Incluyen bosques siempreverdes, bosques inundados, bosques de manglar, bosques de neblina, bosques semicaducifolios, páramo yungueño.	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guyane française, Perú, Suriname, Venezuela.
Andes	274.569	3,2	Mosaico de formaciones herbáceas y arbustivas de bajo porte que se entremezclan con suelos expuestos y glaciares.	Bolivia, Ecuador, Perú.
Cerrado	962.968	11,4	Mosaico de sabanas, pastizales y bosques, donde el 50% de la cubierta vegetal nativo ha sido convertida.	Brasil.
Chaco - Chiquitano	146.574	1,7	Bosques secos deciduos y semideciduos, bosques siempreverde en las serranías, mosaico de Cerrado y Sabanas, palmares.	Bolivia.
Pantanal	61.260	0,7	Conformado por sabanas, pastizales y humedales.	Brasil.
Tucumano boliviano	33.669	0,4	Bosques secos deciduos y semi húmedos, matorrales y herbazales.	Bolivia.

1.2 Situación actual y una mirada histórica de la deforestación en la Amazonía

Los Bosques que al año 2000 cubrían el 73,5% de esta región (6.226.022 km²), se han visto fuertemente impactados por la deforestación (Tabla 2). En 20 años, del 2001 al 2020, la Amazonía ha perdido 542.581 km², es decir un 8,7% de la superficie boscosa observada al comienzo del periodo. Con dicha pérdida, al 2020, la Amazonía albergaba una superficie de Bosque de 5.683.440 km² (Raisg 2021)[2]. Los detonantes de estos procesos, que varían en importancia y tipo en cada país, pero están fuertemente asociados a actividades extractivas legales e ilegales. Entre las más importantes están la agricultura y la ganadería, la minería y la construcción de obras de infraestructura (Raisg 2020)[3].

El mayor porcentaje del Bosque para el 2000 se encontraba en Brasil (Tabla 2), con 59%, seguido de Perú, con 12%, Bolivia con 8%, Colombia con 7%, Venezuela con 6% y un 8% distribuido entre Guyana (3%), Ecuador (2%), Suriname (2%) y Guyane française(1%).

Entre el 2001 y 2020 la superficie de Bosque deforestada alcanzó los 542.581 km² y tuvo lugar principalmente en Brasil (440.031 km²), Bolivia (39.239 km²), Perú (29.806 km²) y Colombia (23.004 km²) (Tabla 2).

[2] RAISG 2021. Amazonía 2021. Áreas Naturales Protegidas y Territorios
[3] Atlas: Amazonía Bajo Presión 2020

Tabla 2. Bosque existente para el 2000 y deforestación en el periodo 2001-2020 en la región Amazónica y los países que la conforman.

País	Bosque al año 2000 (km^2)	Deforestación 2001 - 2020 (km^2)	% Deforestación con relación al año 2000
Bolivia	469.816	39.239	8,35%
Brasil	4.089.067	440.031	10,76%
Colombia	441.936	23.004	5,21%
Ecuador	101.558	6.232	6,14%
Guyana	188.447	418	0,22%
Guyane française	82.169	237	0,29%
Perú	731.419	29.806	4,08%
Suriname	138.656	689	0,50%
Venezuela	392.856	2.925	0,74%
Amazonía	6.635.924	542.581	8,7%

Si se considera la dinámica anual de la deforestación en la región en estos 20 años (Figura 2), puede apreciarse que luego de un aumento entre 2001 y 2003, vino un periodo de disminución sostenido hasta 2010, luego de lo cual empiezan pequeñas variaciones con un aumento hacia 2016, una nueva caída hasta 2019, para evidenciarse un aumento al 2020. Si bien en la segunda década del periodo de estudio no se han alcanzado cifras tan altas como las de los primeros siete años, es preocupante lo acontecido en el año 2020, ya que la deforestación observada supera en un 47% la pérdida de 2019. Durante 10 años, desde el 2009 al 2019, con excepción del 2016, la deforestación se había mantenido por debajo de los 20 mil km^2. Sin embargo, en el 2020 superó esa cifra y alcanzó los 25.837 km^2, próxima a la encontrada para 2007-2008, los dos años con valores más bajos para el periodo 2001-2008. Ese periodo tuvo su valor máximo de deforestación en 2003, cuando se perdieron 49.439 km^2 de bosque, y es también el año con la cifra récord de deforestación para la ventana de veinte años analizada (2001 a 2020).

Figura 2. Dinámica de la deforestación anual en la Amazonía.

En el análisis por país (Figura 3), Bolivia, Brasil, Colombia, Suriname, Perú, Venezuela y Guyana siguen una trayectoria creciente de deforestación en los últimos ocho años. Ecuador, es el único país que presenta una trayectoria más estable desde 2018. El área deforestada de Guyane française tuvo un crecimiento significativo entre 2015 y 2018 (606 km² y 2.015 km², respectivamente), disminuyendo a 323 km² en 2019, volviendo a aumentar en 2020 (881 km²).

Suriname, Colombia y Perú alcanzan sus valores máximos de deforestación en 2020, dentro del periodo 2001-2020. Previamente, la cifra más alta de deforestación para Suriname había tenido lugar en 2001, con 56 km² y en 2020 fue de 110 km². En Colombia la cifra más alta había ocurrido en 2018, con 1.696 km², para llegar a los 1.965 km² en el 2020. En Perú, el máximo previo tuvo lugar en 2001, con 1.785 km², mientras en 2020 fue de 1.941 km². Al contrario de este primer grupo de países mencionados, y a pesar de la tendencia reciente al aumento de la deforestación, antes mencionada, en Bolivia, Ecuador, Guyane française y Venezuela el valor máximo de superficie deforestada ocurrió en el año 2001 (3.059 km², 490 km², 23 km² y 240 km², respectivamente) y, para Guyana, en el 2002, con una cifra de 37 km².

Deforestacion anual histórica de BOLIVIA
Area (km²)
4.000
3.000
2.000
1.000
-
2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

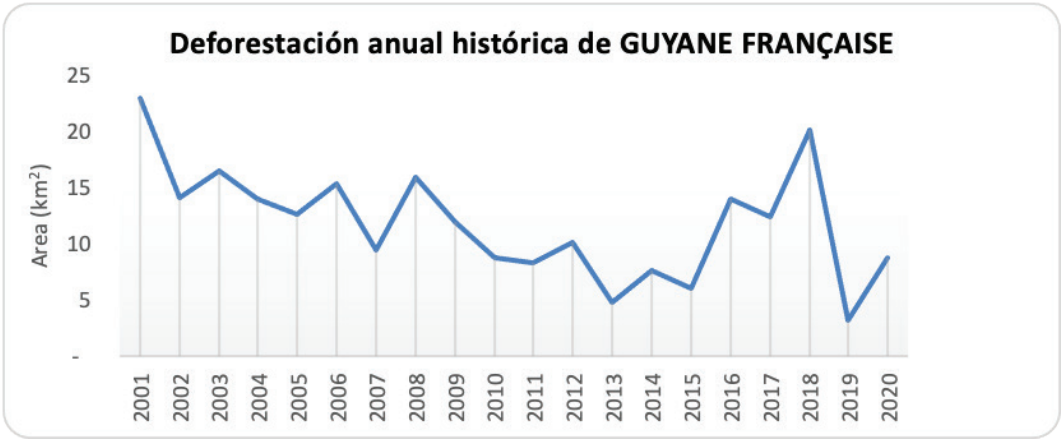
Deforestación anual histórica de BRASIL
Area (Km²)
50.000
40.000
30.000
20.000
10.000
-
2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

Deforestación Anual histórica de COLOMBIA
Area (km²)
2.500
2.000
1.500
1.000
500
-
2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

Deforestación anual histórica de ECUADOR
Area (km²)
600
500
400
300
200
100
-
2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020

Deforestación anual historica de GUYANA
Area (km²)
40
30
20
10
-
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Deforestación anual histórica de PERU
Area (km²)
2.500
2.000
1.500
1.000
500
-
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020


Deforestación anual histórica de GUYANE FRANÇAISE
Area (km²)
25
20
15
10
5
-
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Deforestación anual histórica _SURINAME
Area (km²)
120
100
80
60
40
20
-
2001
2002
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020

Figura 3. Tendencia histórica de la deforestación en los países amazónicos.

El análisis indica un crecimiento significativo de la deforestación en el Bioma Amazonía para el 2020, más del 34% con relación al año anterior (22.335 km², en 2020 y 14.648 km², en 2019). Es el séptimo año con mayor deforestación en el periodo 2001-2020, lo que tal vez da luces de una flexibilización en las medidas de control de este proceso en la Amazonía.

En el bioma Andes, se observa también un aumento de la deforestación desde el año 2018, el cual representó un mínimo histórico para el periodo 2001-2020. En 2019 el incremento de la deforestación alcanzó un 122% con respecto a 2018 y la tendencia al aumento se mantuvo en 2020, ubicándose en el séptimo año con mayor deforestación para la ventana temporal analizada.

Para la porción del bioma Cerrado dentro del límite de RAISG, la deforestación sigue una trayectoria descendente, desde 2018 (2.000 km²), con un ligero repunte en 2020, donde alcanzó 1.890 km².

En el bioma Chaco-Chiquitano, la deforestación tiene una tendencia general al aumento, en el periodo analizado, con algunos máximos y mínimos, donde destacan, como máximos de deforestación los años 2008, 2011 y 2018, mientras el mínimo histórico tuvo lugar en 2003, con un valor de deforestación ligeramente superior a los 600 km². Entre 2012-2014 se observó una ligera pausa en la pérdida de bosque anual, con valores alrededor de los 826 km², los segundos más bajos desde 2003. En 2020, se experimentó un nuevo repunte (1.371 km²) luego de la caída en 2019.

El bioma Pantanal, que representa casi la mitad de su área total, viene experimentando una tendencia a la reducción de la deforestación desde su máximo valor, en 2003. No obstante, en 2009 la deforestación aumentó en unos 50 km², con respecto a 2008, para luego experimentar variaciones relativamente pequeñas. Desde 2018 se mantiene por debajo de los 100 km², con su mínimo histórico en 2020, con una pérdida de bosque de 81 km².

Para el bioma Tucumano-boliviano, la deforestación muestra un patrón relativamente variable, con máximos por encima de 60 km² de deforestación en los años 2002, 2007, 2011, 2013 y 2018, siendo los máximos históricos 2001-2002, 2011 y 2018, con valores alrededor de los 70 km². En contraposición los mínimos se observaron en 2005, 2009-2010, 2015-2017, con el mínimo histórico en 2015, con 31 km². Para 2020, la deforestación en este bioma fue de 47,24 km².

1.3. Deforestación en Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas

En la región Amazónica, dos de las unidades de gestión más importantes en términos de la protección de los ecosistemas naturales son las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y los Territorios Indígenas (TI). En ese sentido y específicamente con respecto a la cobertura boscosa existente para el año 2000, estas dos unidades resguardaban el 56% de su superficie (Figura 4). La deforestación acumulada en estas figuras para el periodo 2001-2020 (Tabla 3), corresponde al 14%, y en el resto de la Amazonía se encuentra el 86%.

Sin embargo, la tendencia dentro de estas unidades en los últimos cinco años es al aumento en la deforestación anual, pasando de 3.220 km^2, en 2015, a 6.912 km^2, en 2020.

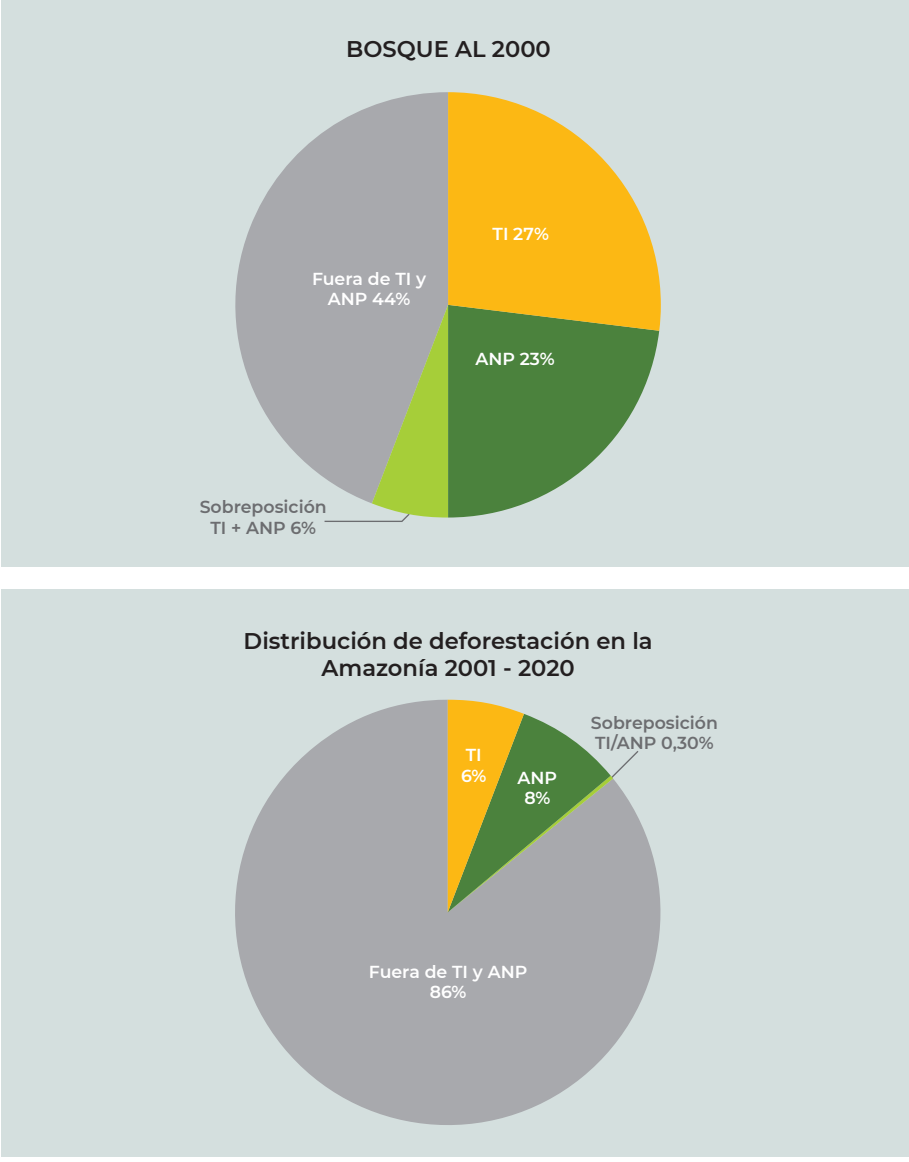


Figura 4. Distribución del Bosque existente para 2000 y deforestación para el periodo 2001-2020 en la región Amazónica y sus unidades de gestión y conservación (ANP y TI).

Tabla 3. Deforestación 2001-2020 dentro y fuera de TI y ANP según países de la Amazonía.

País	Deforestación 2001 - 2020 (km²)					
	Territorio Indígena (TI)	Área Natural Protegida (ANP)	Sobreposición TI/ ANP	Fuera de TI y ANP	Total País	%
Bolivia	6.781	3.533	310	28.615	39.239	7,23%
Brasil	13.589	36.278	742	389.422	440.031	81,10%
Colombia	2.819	1.504	125	18.556	23.004	4,24%
Ecuador	1.940	650	287	3.355	6.232	1,15%
Guyana	12	6	0	400	418	0,08%
Guyane française	2	75	3	157	237	0,04%
Perú	6.191	1.125	88	22.402	29.806	5,49%
Suriname	0	95	0	595	689	0,13%
Venezuela	677	152	95	2.000	2.925	0,54%
Amazonia	**32.011**	**43.418**	**1.650**	**465.502**	**542.581**	**100,00%**

2. Principales impulsores vinculados a la deforestación en la Amazonía

Para el abordaje de la deforestación en la Amazonía, es necesario identificar las posibles causas. Factores directos o próximos, podrían considerarse las acciones humanas que impactan directamente sobre la cubierta boscosa en procesos de diferentes escalas. Vinculados a estos factores, están los factores indirectos que interactúan y se convierten en impulsores de los factores directos; como son los factores socioeconómicos, culturales, políticos institucionales, y últimamente factores de salud pública, entre los más significativos.

El factor socioeconómico, es un eje fundamental en los procesos de deforestación en la Amazonía. El crecimiento de la población, la expansión de actividades económicas y el desarrollo de la infraestructura, han llevado a modificar significativamente el uso y cobertura del suelo en la región. Sin embargo, el nivel de desarrollo socioeconómico varía mucho dentro de la Amazonía. En algunas localidades el producto interno bruto (PIB) per cápita puede ser incluso superior al nacional a pesar de ser producido por un número relativamente pequeño de pobladores, donde ocurre una gran explotación de recursos como: minerales, petróleo, gas y el agua, además del aprovechamiento hidroeléctrico. No obstante, los indicadores de pobreza en la Amazonía son altos, debido a que en la mayoría de los casos las utilidades que generan estas actividades económicas no son reinvertidas en la región. En todos los países de la Amazonía las ciudades crecen a un ritmo acelerado, que en muchos casos supera la media nacional, una tendencia que comenzó hace décadas. Los índices de migración y el incremento de la población en los centros urbanos, impulsados en gran medida por los ciclos económicos de las industrias extractivas, son proporcionalmente de los más altos de Sudamérica. Entre los países que conforman la Amazonía, se estima que para el 2009 alrededor de 33,5 millones de habitantes eran amazónicos, de los cuales 62,8% residía en zonas urbanas, lo que equivale a 20,9 millones de personas[4].

El 66% de la Amazonía está sujeto a algún tipo de presión fija o permanente relacionada con la presencia de impulsores (Raisg 2020, p.42) de deforestación y degradación:

- Densidad vial: Casi el 19% de la Amazonía es un camino pavimentado o sin pavimentar (RAISG 2020, p.21).
- Centrales hidroeléctricas (HP): Existen 350 centrales hidroeléctricas operando en la cuenca y se proyecta la construcción de 483 más, sumando en total 833 centrales hidroeléctricas (Raisg 2020, p. 24). La construcción de proyectos hidroeléctricos altera el libre flujo de más de 1.100 afluentes que componen la cuenca del Amazonas.
- Bloques petroleros: Los bloques petroleros ocupan el 9,4% de la superficie de la Amazonía y el 43% de esta extensión se encuentra dentro de Territorios Indígenas y Áreas Naturales Protegidas. La mayoría de los bloques (369) se encuentran en la Amazonía andina (Bolivia, Colombia, Perú, Ecuador), hogar de numerosos pueblos indígenas, incluidos algunos aislados o en aislamiento voluntario. En la Amazonia, los bloques petroleros se superponen al 11% del área total de TI. En los últimos 20 años, solo Perú registró alrededor de 500 derrames de petróleo. En Ecuador, entre 2015 y junio de 2021, se registraron 899 derrames petroleros. El derrame ocurrido en Ecuador en abril de 2020 debido a la ruptura del oleoducto es el más grande en los últimos 15 años. Este desastre ocurrido al inicio de la pandemia contaminó cerca de 500 km de los ríos Coca y Napo. Los derrames atentan contra la seguridad alimentaria y acceso al agua y deviene en enfermedades crónicas.

[4] PNUMA, OCTA, & CIUP. (2009). GEO Amazonía. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 323 pp.

- Minería: La minería, presente en todos los países de la Amazonía, afecta al 17% de la región. La superficie de Áreas Naturales Protegidas afectadas por concesiones mineras es del 9,3%. Las áreas mineras también se traslapan con el 11,2% de los Territorios Indígenas, lo que afecta principalmente a los TI reconocidos.

- Agricultura y Ganadería: Las áreas dedicadas a la actividad agrícola crecieron 81% en las últimas dos décadas, este crecimiento es responsable del 84% de la deforestación amazónica.

- Incendios: Entre el año 2001 y 2020, el 14% (1.208.162 km²) de la Amazonía fue afectada por el avance del fuego, un similar a la extensión de Bolivia.

Las presiones y amenazas avanzan cada vez más en la Amazonía. Entre los factores que inician una serie de perturbaciones, es el desarrollo de la infraestructura vial y la demografía que se va densificando hacia ecosistemas frágiles. Si bien las carreteras permiten el traslado de personas y bienes, también provocan fragmentación del ambiente, contaminación química y sonora, potencian la deforestación y aumentan la mortalidad de animales en accidentes viales. Los diversos y complejos impactos ecológicos y socioeconómicos de carreteras casi no se pueden mitigar. Por eso es tan relevante evitar la construcción de carreteras en los territorios sin camino (Ibisch, 2016)[5].

2.1 Infraestructura vial

En la Amazonía predominan tres tipos de accesos y transporte en el territorio: el transporte fluvial, terrestre y la presencia de pistas de aterrizaje de aviones de pequeño y mediano tamaño, para el transporte aéreo. Históricamente la navegación de los ríos ha servido a las comunidades indígenas para su desplazamiento en los territorios, entre comunidades o centros poblados donde no existe ningún otro medio de transporte.

El tramado vial terrestre, facilita el movimiento de materiales, de pasajeros y lamentablemente de madera que es extraída para abrir tierras a diferentes tipos de cultivos o de ganadería extensiva; siendo éste con mayor impacto sobre los bosques, cuando están accesibles para la circulación de camiones. Aunque el análisis que presenta Raisg[6] , (Tabla 4), no incluye las trochas, estas cada vez van tomando mayor relevancia en la pérdida de bosque amazónico ya que son el punto de partida para el ingreso de otras presiones sobre los territorios como la ganadería extensiva, la minería ilegal, los cultivos ilícitos, la apropiación ilegal de tierras y la caza indiscriminada de fauna silvestre, entre otras. La información estandarizada en las bases de datos de RAISG contempla 3 tipos de vías diferenciadas de la siguiente manera, vías pavimentadas, no pavimentadas y planificadas. La tabla 4 expresa la densidad por km² de vías por tipo al año 2020.

[5] Science 2016. https://www.scientificamerican.com/espanol/noticias/caminos-y-carreteras-fragmentan-la-superficie-y-los-ecosistemas-del-planeta/
[6] RAISG (2020). Amazonía Bajo Presión 2020. https://www.amazoniasocioambiental.org/es/publicacion/amazonia-bajo-presion-2020/

Tabla 4. Densidad de vías por tipo y país en la Amazonía año 2020.

País	Densidad ((km/km2) *1000)			
	Pavimentada	No pavimentada	Planificadas	Total
Guyane française	9,9	0	0	9,9
Ecuador	21,1	10,8	0	31,9
Suriname	9,7	0	0	9,7
Guyana	0	20,2	0	20,2
Venezuela	7,6	9,5	0	17,1
Bolivia	5,9	7,2	0,7	13,8
Colombia	1,2	21,7	0	22,9
Perú	13,8	0,2	1,6	15,6
Brasil	8,9	10,9	0	19,7
TOTAL	**8,6**	**9,8**	**0,2**	**18,7**

Ecuador y Perú tienen la mayor densidad por km^2 de vías pavimentadas en su Amazonía. En el caso de las vías no pavimentadas, Colombia y Guyana reflejan los valores más altos. Se destaca de igual manera que este tipo de vías son las que presentan la mayor densidad en toda la Amazonía. Para las vías planificadas, Perú y Bolivia reflejan los valores más altos, sin embargo, cabe a cotar que por falta de información los demás países muestran valores en cero.

En cuanto a las ANP se hace un análisis similar expresando los diferentes tipos de vías por km^2. Donde, las ANP nacionales en sus diferentes categorías de uso (Indirecto: orientadas principalmente a la conservación; y Directo: permiten diferentes tipos de uso), son las que presentan mayor densidad en vías pavimentadas y no pavimentadas. Llama la atención que esta categoría tiene su mayor extensión en la Amazonía ecuatoriana.

Tabla 5. Densidad de vías por tipo de Área Natural Protegida en la Amazonía para el año 2020.

ANP por ámbito administrativo y tipo de uso	Densidad de vías ((km/km²)*1000)			
	Pavimentadas	No pavimentadas	Proyectadas	Total
Departamental-uso directo	4,3	4,8	0,2	9,3
Departamental-uso indirecto	0,4	1,9	0	2,4
Nacional-uso directo	1,6	1,8	0,2	3,7
Nacional-uso directo/indirecto	6,4	7,9	0,4	14,7
Nacional-uso indirecto	0,7	1,6	0,2	2,5
Total general	**1,9**	**2,6**	**0,2**	**4,8**

2.2 Actividad agropecuaria

La actividad agropecuaria es responsable del 77% de la deforestación dentro de los límites de la RAISG en el periodo de 2001 a 2020. Un total de 416.103 km² fueron transformados en áreas agropecuarias, distribuidos principalmente en la porción del bioma amazónico brasileño (307.163 km²).

La conversión de áreas naturales a agrícolas mantiene la trayectoria de expansión, en mayores proporciones en Bolivia, Brasil y Colombia. En estos países, el 81% de la deforestación en 2020 (20.842 km²) corresponde al uso agropecuario, frente al 76% y 77% de los dos años anteriores (13.333 km², en 2019, y 14.621 km², en 2018).

La expansión de la actividad agropecuaria muchas veces ocurre sin ordenamiento o planificación, inducida por un modelo de desarrollo que privilegia el aspecto económico en detrimento del socioambiental. Los impactos negativos de este modelo se configuran a nivel local, como la pérdida de biodiversidad, la degradación del suelo y la escasez de agua. También las desigualdades y la violencia[7]. A nivel regional, los impactos están vinculados al desencadenamiento de eventos climáticos extremos, como sequías prolongadas y tormentas, resultado directo del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) potenciadas por la deforestación y los incendios.

A lo largo del tiempo, las políticas públicas agrícolas poco consideran los efectos negativos de este modelo de desarrollo. Todavía predominan los incentivos fiscales, el financiamiento a la producción convencional (máquinas e insumos químicos para monocultivos) y las inversiones en tecnologías para aumentar la productividad, sin considerar bases ecológicas. Se priorizan grandes obras de infraestructura, induciendo más deforestación.

Las acciones de comando y control para combatir e inhibir la deforestación (ilegal, en la mayoría de los casos), han sido insuficientes, como se puede apreciar en la trayectoria de incremento en la pérdida de vegetación y las tasas de conversión para uso agropecuario en Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas.

[7] Science Panel for the Amazon (2021). Amazon Assessment Report 2021 -Part II: Social-Ecological Transformations: Changes in the Amazon. https://alerta.mapbiomas.org/relatorio.

La incorporación de los temas de sustentabilidad en las definiciones de los formuladores de políticas públicas es reciente. Tímidamente, comienzan a prosperar los avances en la legislación y los programas gubernamentales para fomentar la restauración forestal, los pagos por servicios ambientales, la implementación de sistemas agroforestales y la agricultura baja en carbono. Pero aún son insuficientes si se considera la velocidad con la que crecen anualmente las tasas de deforestación, especialmente en los últimos cinco años.

En Brasil, que representa el 76% de la deforestación dentro de los límites de la RAISG en 2020, el 99,88% de la destrucción de la vegetación en la Amazonía es ilegal, es decir, no tiene autorización o se superpone con áreas protegidas o no respeta la legislación vigente, principalmente el Código Forestal (Ley 12.651 del 25 de mayo de 2012). En el Cerrado y Pantanal brasileños, el 99,49% de las áreas deforestadas son ilegales.

En 2020, identificaron que en la Amazonía brasileña y en el Cerrado, el 62% de la deforestación después de 2008, se localizó en solo el 2% de las propiedades rurales (haciendas de producción de soja y ganado). Según el estudio, pocas y grandes propiedades son las principales responsables de la deforestación ilegal. La deforestación es costosa, y la velocidad con la que se deforestan áreas muy grandes, indica que no son los ribereños; las comunidades tradicionales y los agricultores familiares quienes lo están haciendo.

Las prácticas de acaparamiento de tierras aún ocurren de manera indiscriminada, sin la debida atención por parte de las autoridades. Todavía son vectores significativos para la expansión de la frontera agrícola, ya que los delincuentes invaden áreas públicas y no intencionadas, con la certeza de que algún día serán “legales”.

2.3 Marco legal relacionado con procesos de deforestación: caso países amazónicos

Bolivia

A partir del año 2013 el uso de la tierra y bosques en Bolivia han estado sujetas a nuevas normativas agrarias y forestales, estas normativas están entre las principales causas que estimularon los procesos de deforestación acelerando los desmontes y chequeos en el territorio boliviano. La ley 337 de 11 de febrero de 2013 denominada "Apoyo a la producción de alimentos y restitución de bosques", con el objeto de establecer un régimen excepcional para el tratamiento de predios con desmontes que hayan realizado sin autorización entre los periodos del 12 de julio de 1996 y el 31 de diciembre del 2011, cuyos beneficiarios se acojan al programa de producción de alimentos y restitución de bosques, La ley 337 si bien poseía un carácter excepcional fue modificada en tres ocasiones por una serie de leyes.

El artículo 1 de la Ley 741 del año 2015, autoriza el desmonte de hasta 20 hectáreas en pequeñas propiedades, propiedades comunitarias o colectivas en proceso de saneamiento o tituladas y asentamientos humanos legalmente establecidos

La ley 1171 del 25 de abril de 2019, tiene como objeto definir los lineamientos de la política de manejo integral del fuego en el territorio nacional, establecer el régimen de sanciones administrativas por quemas sin autorización y determinar un periodo excepcional de regularización en el pago de deudas y multas por quemas sin autorización

Decreto Supremo 3973 del 9 de julio de 2019 El decreto autorizó quemas controladas en los departamentos de Santa Cruz y Beni, de acuerdo con reglamentación vigente. Y justifica que esta es una medida estratégica para fomentar la producción agrícola y pecuaria.

Brasil

Aún con la pandemia del Covid-19, el país ha visto la expansión de la minería, el récord de los incendios y el crecimiento expresivo de la deforestación en los últimos años. Brasil ha estado retrocediendo en las políticas ambientales más recientemente. Las agencias federales encargadas de monitorear y combatir los incendios forestales vieron reducidos sus presupuestos, incluso con el aumento de los incendios y la deforestación. No hay suficientes empleados y equipos para las acciones de prevención y control. La permisividad y el negacionismo impregnan las políticas del gobierno federal en la actual administración, haciendo famoso el discurso del presidente Bolsonaro en la 75ª Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) en 2020. En esa ocasión afirmó que "los incendios ocurren prácticamente en los mismos lugares, en los alrededores de la selva, donde el caboclo (mestizo) y los indígenas cortan, rozan y queman en busca de su supervivencia, en áreas que ya han sido deforestadas".

En el caso de la minería ilegal, como ya se mencionó, los instrumentos de fiscalización brasileños aún son insuficientes para frenar la actividad. También existen mecanismos insuficientes para monitorear los flujos de origen y destino de la producción de oro, lo que podría frenar la circulación de oro ilegal y prevenir el lavado de mineral, que a menudo ocurre en asociación con diversas actividades delictivas.

Las recientes votaciones en el Legislativo Federal a favor de la flexibilización de la legislación ambiental brasileña representan grandes retrocesos en la reconocida gobernanza ambiental del país. El PL 2159/2021, tramitado en el Senado tras la aprobación de la Cámara de Diputados, flexibiliza las normas de licenciamiento ambiental en todo el territorio para actividades y emprendimientos con impactos ambientales.

El paquete conocido como “PL da Grilagem”, entre otros puntos, otorga amnistía a los invasores y renuncia a la inspección in situ para la titulación de propiedades rurales. En este paquete, el PL 510/2021 cambia el plazo de 2011 a 2014 para dar amnistía a los invasores de tierras públicas, y permite titular áreas de hasta 2.500 hectáreas sin necesidad de inspección y sin límite en la fecha de ocupación. El PL 2633/2020 se enfoca en la regularización de propiedades menores, y amplía la posibilidad de regularización de tierras por autodeclaración, prescindiendo también de la inspección in situ. También extiende los beneficios a las medianas propiedades, confundiendo el concepto de pequeña propiedad rural, incentivando la ocupación y deforestación de nuevas áreas, amnistiado a los usurpadores de tierras y delincuentes ambientales.

Los movimientos en el Congreso Nacional también actúan para flexibilizar el Código Forestal (Ley 12.651/2012), principalmente en el sentido de reducir las áreas protegidas previstas en el código. La modificación más reciente flexibiliza la dimensión de Áreas de Preservación Permanente (APP) en cursos de agua en áreas urbanas, dejando a los gobiernos municipales decidir, por ejemplo, para la aprobación de construcciones al borde de cursos de agua. Otro proyecto de ley está pendiente en el Congreso (PL 2.168/2021), que tiene como objetivo permitir la supresión de la vegetación nativa en cualquier área aledaña a los arroyos y ríos, para la implementación de obras de infraestructura de riego y abrevaderos. El Código Forestal vigente sólo permite este tipo de intervención en casos específicos. Si se aprueba, se podrían suprimir numerosas Áreas de Preservación Permanente.

Las entidades presionan la votación de un nuevo Código de Minería en el Congreso Nacional, que flexibiliza las normas ambientales y exonera el otorgamiento de licencias para la extracción de oro, además de prever autorizaciones automáticas sin necesidad de análisis técnico. El nuevo código también prevé el establecimiento de la minería como una actividad de utilidad pública. En esta condición, los intereses de la minería serían predominantes en la demarcación de territorios indígenas y en la creación de áreas naturales protegidas.

Colombia

Los bosques en la Amazonía colombiana siguen perdiendo superficie, llegando en 2020 a una pérdida de área forestal de 196.525 hectáreas (ha), lo que equivale a un incremento respecto del año anterior del 68%, representando la mayor extensión de área perdida desde el año 2001. Entre 2001 y el 2020 la pérdida de área de bosque para toda la Amazonía colombiana fue de 2,3 millones de hectáreas. Los principales focos de deforestación se concentran, para todo el periodo de análisis, en los departamentos del piedemonte amazónico: Caquetá, Meta y Putumayo, pero también, en el municipio de San José del Guaviare.

Los resguardos indígenas tampoco escaparon a la deforestación; la pérdida de área forestal en el año 2020 alcanzó una extensión de 46.768 ha, se detectó un incremento respecto al año 2019 del 189%. Históricamente el proceso de deforestación presentaba un comportamiento relativamente estable, pero desde el año 2016 se observa un cambio incremental en esta tendencia encontrando un salto estrepitoso al año 2020.

En el caso de Áreas Protegidas de nivel Nacional en la amazonia colombiana, para 2020 se perdieron 21.174 ha de cobertura forestal reportando un incremento de 61% respecto a 2019. Las áreas deforestadas al interior de las ANP hasta el año 2016 no era superior a las 10.000 ha a partir de este año se inicia una tendencia incremental encontrando el mayor número de hectáreas deforestadas para el año 2020. No se consideran los traslapes entre las áreas protegidas y resguardos indígenas.

Se reconocen como los principales drivers o motores de deforestación la expansión de la frontera agropecuaria, especialmente los pastos para ganadería, el acaparamiento ilegal de tierras, la apertura de vías y trochas que dan acceso al bosque natural; este último es un factor determinante para el acceso al bosque natural y la deforestación. Es evidente que en el año 2020 la atención de los gobiernos tanto nacionales como locales se volcaron hacia el manejo de la pandemia provocada por el COVID 19 y los logros en materia de protección y conservación ambiental se vieron afectados, lo que conllevo a un avance desmedido por parte de actores ilegales con intereses sobre los territorios amazónicos y por ende sobre sus bosques. De esta manera se configura un escenario en el que no hay, o es aún más débil la presencia del estado y se incrementa de manera crítica el avance sobre el bosque amazónico colombiano.

Por otra parte, la Amazonía colombiana en el año 2018 es declarada como sujeto de derechos por parte de la corte suprema de justicia en razón a una tutela presentada por un grupo de jóvenes que buscaba frenar el avance de la deforestación. Esto en pocas palabras quiere decir que en Colombia se crea un marco jurídico en el que se establece que el bosque amazónico tiene el derecho a ser protegido y conservado para evitar su destrucción.

El Decreto Ley 632 de 2018 es un instrumento para poner en funcionamiento los Territorios Indígenas como entidades político-administrativas de carácter especial, ubicados en áreas no municipalizadas de los departamentos de Amazonas, Guainía y Vaupés por medio de la aplicación directa de la Constitución Política de Colombia invocando el artículo 56 transitorio de la Constitución. En este sentido la constitución política de Colombia reconoce los territorios indígenas de estos departamentos bajo la misma categoría que un municipio, dándoles la capacidad de gobernarse bajo sus propias autoridades y establecer normas para el manejo del territorio como en el caso de cualquier otro municipio de Colombia. Este decreto indica las funciones que deben cumplir los territorios indígenas en áreas no municipalizadas de los departamentos de Amazonas, Guainía y Vaupés, los cuales en resumen son: los consejos indígenas debe tener gobiernos indígenas conformados por autoridades propias, podrán definir, ejecutar y evaluar las políticas económicas, sociales, ambientales y culturales propias a través de planes de vida y también podrán recibir, administrar y ejecutar recursos provenientes de fuentes de financiación pública o privada. Este es un claro avance del estado colombiano en materia del reconocimiento de los derechos de los pueblos indígenas, de sus territorios, de sus estructuras de gobierno, de sus formas de vida y conocimiento ancestral.

Ecuador

En el Ecuador existen políticas nacionales, regionales y locales identificadas como relevantes para el desarrollo de varios sectores; sin embargo, también tienen el potencial de generar impactos negativos si no se toman en cuenta los aspectos ambientales (Arias et al. 2013; Pardavila 2014). [8].

La Constitución del 2008, en su Capítulo V, Art. 313 y Art. 314; expresa sobre el importante rol de los Sectores estratégicos en el ordenamiento del territorio y el uso y aprovechamiento de los recursos naturales. La implementación de proyectos catalogados como "sector estratégico", en los sectores minero, hidrocarburífero y energético, en la mayoría de los casos implica la remoción de importantes superficies de cobertura forestal, para la obtención de las respectivas licencias ambientales (emitidas por la Autoridad Ambiental), previa la implementación de estos[9].

[8] Arias, V., Pardavila, F. y Celi, M. E., 2013. Diagnóstico y análisis de Incentivos Fiscales y monetarios con impacto en la Biodiversidad Biológica en la Amazonía Ecuatoriana. Quito: GIZ.

[9] Para la obtención de una Licencia ambiental, se realizará un Inventario de los Recursos Forestales, y en el caso de que se requiera remover cobertura vegetal nativa, se debe cumplir lo establecido en la Normativa Ambiental Vigente (Acuerdo Ministerial No. 076 y Acuerdo 134, donde se establece el Inventario Forestal y Valoración económica; y Metodología de Valoración de Bienes y

Los Acuerdos Ministeriales 041 para el aprovechamiento forestal con fines comerciales y el Acuerdo Ministerial 076 para el inventario forestal, establece que se pagará un valor de $3,00 USD por cada metro cúbico de madera en pie removida (aplica a toda actividad de desbroce). Ambas normativas, de alguna manera subvalora la importancia de los bosques nativos y los bienes y servicios ambientales que estos proveen.

Por ejemplo, proyectos más nombrados, que han provocado la remoción de grandes extensiones de bosque nativo en la Amazonía ecuatoriana podemos citar: Proyecto minero Mirador (Provincia Zamora Chinchipe), Proyecto hidroeléctrico Coca Codo Sinclair (Provincias de Napo y Sucumbíos), varios proyectos hidrocarburífero (bloques petroleros) ubicados en el corazón de la Amazonía ecuatoriana operados por empresas como: Andes Petroleum, Petroriental, CNPC, Sinopec, Shandong Kerui Petroleum Equipment, Hilong Oil Service and Engineering Ecuador, CPTDC Ecuador, CNLC Ecuador Corp. Shengli Oilfield Highland Petroleum, entre otras (Acción Ecológica, 2020).

En cuanto a políticas regionales y locales es necesario considerar el alcance de los Sistema Nacional Descentralizado de Control Forestal (SNTCF); creado entre los años 2000 - 2001. El objetivo, supervisar la legalidad del producto forestal en sus diversas etapas (aprovechamiento, movilización, destino final) en estricto apego a la normativa vigente[10]. En este marco, se creó un sistema de vigilancia que consta de: puntos de control fijo en carretera en el país principalmente en las provincias amazónicas (control de madera, verificación de permisos de movilización y permisos de aprovechamiento), unidades móviles de control en carretera, y verificadores forestales (cuya responsabilidad es la de establecer y operar un sistema informático de administración y verificación forestales que genere controles cruzados y estadísticas forestales con base georeferenciada) (MAE, 2013). En la actualidad, el SNTCF continúa operando, se ha convertido en un sistema ineficiente debido a déficit de presupuesto, poco personal y mal asalariado, lo que en muchas ocasiones son sobornados por madereros. El otro aspecto, es que no se ha establecido aún un Modelo de "Trazabilidad Forestal" en el país, por lo que aún no se ha podido establecer un mecanismo claro que garantice el uso de madera legal en la industria ecuatoriana; favoreciendo así al mercado informal e ilegal de la madera. En el 2019 se estimó que alrededor del 40% de madera comercializada tiene un origen ilegal (Moncada, 2019).

Otros instrumentos de planificación territorial influyentes, está el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD) que tienen las capacidades para dictar normas de carácter general a través de ordenanzas, acuerdos y resoluciones, aplicables dentro de su circunscripción territorial; y, dicha facultad se circunscribe al ámbito territorial y a las competencias de cada nivel de gobierno. El Código Orgánico de Planificación y Finanzas Públicas define en su Art. 41, "Planes de Desarrollo y Ordenamiento Territorial - PDOT-"; muy pocos PDOT en el Ecuador y en especial los de la región amazónica, consideran los análisis de "altos valores de conservación y bosques con altos contenidos de carbono", como estrategias de monitoreo y planificación territorial que impiden o limitan la ampliación de la frontera agrícola hacia estas zonas. La gran mayoría de los GAD, apuntan a la intensificación de los sistemas productivos rurales, lo que conlleva en una conversación ilegal de los suelos, propiciando la explotación de la biodiversidad y del bosque, haciendo muchas veces más factible y menos costosa la conversión de áreas de bosque a otros usos como la ganadería; situación que se ve reflejada en las tasas de deforestación del país.

Servicios Ecosistémicos).
[10]

Guyana

En Guyana, la agricultura, la minería y la industria forestal son motores económicos que representan casi el 50% del total del PIB del país. Por otro lado, en Guyana, el 87% de su superficie terrestre todavía está cubierta por bosques que muestran tasas históricamente bajas de deforestación[11].

Los principales impulsores de la deforestación son la minería, la extracción de madera, la tala, la habilitación de tierras de cultivo itinerantes y a pequeña escala (arroz, cocos, caña de azúcar y yuca), y los incendios forestales. Las tasas más altas de deforestación en el país se produjeron en el noroeste, donde existe la mayor densidad de caminos secundarios, junto con importantes depósitos de oro y diamantes.

Para manejar la tasa de deforestación y mantenerla baja a largo plazo, Guyana decidió centrarse en encontrar mecanismos que le permitieran monitorear aquellos sectores motores de la deforestación de una manera sostenible. En este contexto, el país lanzó una estrategia de desarrollo baja en carbono y se integró en la asociación REDD+ (Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación y Gestión Sostenible de los Bosques Tropicales) con el doble objetivo de evitar la deforestación y las emisiones de CO_2[12].

Guyane française

En La Guayana francesa, la selva amazónica parece infinita, pero la minería legal e ilegal en torno al mineral oro, está causando la deforestación en los bosques.

El gobierno francés está promoviendo una reforma del código minero a fin de que se consideren los aspectos medioambientales; durante la gestión del 2019 se han destruido más de 1000 ha de bosque debido a la extracción de oro, el 40% legalmente y el 60% ilegalmente lo que equivale a una tonelada extraída por parte de los buscadores de oro legal contra 10 toneladas por parte de los buscadores de oro ilegales[13].

Perú

Los resultados del último mapa de deforestación de La Red Amazónica de Información Socioambiental (RAISG, 2021)[14] señalan que entre el año 2001-2020 en la cuenca amazónica peruana habría ocurrido una pérdida de bosques amazónicos de 29.682 mil km^2 y los datos oficiales del Ministerio del Ambiente (MINAM)[15] nos dan cuenta de la pérdida para el mismo periodo de 26.365 mil km^2. El límite sobre el que se reportan las cifras oficiales es el límite de la Amazonía con una superficie de 782.880 km^2, mientras la RAISG reporta sobre el límite de la cuenca amazónica que abarca un área mayor a 963 mil km^2.

La pandemia ha agudizado estos problemas, incrementando la deforestación en el 2020, año en el que se reporta la cifra más alta de todo el periodo 2001-2020, según los mapas de Raisg y fuentes oficiales (se perdió 1.932 mil km^2 de bosques amazónicos en el 2020 de acuerdo con el reporte de la Raisg).

De acuerdo con los reportes oficiales las regiones donde se ha identificado un mayor incre-

[11] Global Cad, 2020. Bosques y bienestar: El futuro de los bosques de Guyana es vital para el futuro de todos. Recuperado 2 febrer0 2022 de https://globalcad.org/es/2020/01/31/bosques-y-bienestar-el-futuro-de-los-bosques-de-guyana-es-vital-para-el-futuro-de-todos/#:~:text=En%20Guyana%2C%20los%20principales%20impulsores,de%20madera%20y%20la%20tala.
[12] Impacto,2014. Guyana comprometida con la conservación de los bosques tropicales. Recuperado 2 de febrero 2022 de https://blogs.iadb.org/efectividad-desarrollo/es/guyana-comprometida-con-la-conservacion-de-los-bosques-tropicales/
[13] En Foco,2019.La extracción de oro y la destrucción de la Amazonía en la Guayana Francesa. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de https://www.france24.com/es/20191213-en-foco-amazonia-guayana-francesa-extraccion-oro
[14] Próximo reporte de deforestación de la RAISG que podrá ser publicado en/desde julio 2020
[15] Ministerio del Ambiente (MINAM), geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/perdida.php

mento de deforestación durante el 2020 han sido Ucayali, con un aumento del 23%; Loreto, con 17% más y Madre de Dios, con un incremento del 11 % con respecto al año 2019 (Mongabay, 2021)[16]. La poca vigilancia y monitoreo forestal provocado por la inmovilización durante la pandemia ha ocasionado el aumento de la tala ilegal, minería y la invasión de áreas de bosque para establecer asentamientos humanos y nuevas parcelas agrícolas.

Finer y Mamani (2020)[17] en su estudio de Hotspots de pérdida de bosque del 2020 en la Amazonía peruana para el proyecto MAAP enfatizaron que los casos más preocupantes de deforestación en ese año estuvieron causados por la minería aurífera (oro), y agricultura a gran y pequeña escala, que son los principales impulsores (drivers) de la deforestación en el Perú. Derecho, Ambiente y Recursos Naturales-DAR (2020)[18], señala además existen drivers invisibilizados como la infraestructura vial no planificada, que promueven procesos de ocupación desordenada y de cambio de uso, ya que facilita el acceso a zonas aisladas, fomentando diferentes actividades como la agricultura migratoria, la tala ilegal, la minería ilegal e incluso el narcotráfico.

A pesar de que Perú, al igual que otros países amazónicos, ha firmado tratados y acuerdos internacionales para reducir la deforestación, no se ha logrado disminuir las cifras para los últimos años. La RAISG (2020)[19] señala que esto se debe a que en la práctica uno de los mayores desafíos ha sido la falta de conexión entre las políticas, estrategias y acciones nacionales o regionales con las de nivel local.

Suriname

La minería del oro es la fuerza motriz de la economía de Suriname, el oro representa más del 80% de los ingresos por exportaciones; tal como en Guyana, la industria aurífera de Surinam está apoyada por un mercado negro de mercurio, el metal tóxico utilizado en el proceso de extracción. Los proyectos de extracción de oro legales e ilegales se han convertido en el mayor contribuyente a la deforestación, que aumentó en un 12% en el 2018, el quinto mayor aumento de la tasa de deforestación en el mundo[20].

Según Mongabay (2015)[21], la deforestación causada por la minería del oro ha estado creciendo sostenidamente desde principios de siglo y muy aceleradamente en los últimos cinco años La tasa promedio de deforestación desde el año 2000 es aproximadamente 3000 hectáreas al año, pero en el 2014 se perdieron alrededor de 5.712 hectáreas de bosques a la minería del oro.

Actualmente, la minería del oro es una de las principales causas de deforestación en algunos de los bosques tropicales más importantes de Sudamérica, La multiplicación por cinco del precio del oro ha hecho que ahora sea rentable extraerlo incluso del subsuelo bajo las selvas vírgenes más remotas[22].

[16] Perú alcanza cifra de deforestación más alta en los últimos 20 años (mongabay.com)
[17] Finer M, Mamani N (2020) Deforestación 2020 en la Amazonía Peruana. MAAP: 124.
[18] Perú perdió más de 200 mil hectáreas de bosque solo en el 2020: la tasa más alta de los últimos 20 años | Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (dar.org.pe)
[19] Atlas: Amazonía Bajo Presión 2020. RAISG
[20] Dialogo Chino, 2020.Recuperado 2 de febrero 2022 de https://dialogochino.net/es/actividades-extractivas-es/37382-la-fiebre-del-oro-amenaza-al-pais-mas-verde-del-mundo/#:~:text=El%20aumento%20de%20los%20precios,a%20la%20deforestaci%C3%B3n%20en%20Surinam.
[21] MONGABAY. (2015, 4 noviembre).La minería del oro explota en Surinam, poniendo en riesgo a las personas y los bosques. Noticias ambientales. Recuperado 2 de febrro de 2022, de https://es.mongabay.com/2015/11/la-mineria-de-oro-explota-en-surinam-poniendo-en-riesgo-a-las-personas-y-a-los-bosques/

Venezuela

El sur de Venezuela ha vivido en los últimos años una transformación impulsada especialmente por la explotación de oro, que se volvió la apuesta económica de miles de ciudadanos e, incluso, del Gobierno, luego del desplome de los precios del petróleo a partir de 2013. Para el Estado, es de relevancia la explotación de recursos minerales, al definir como uno de los ejes estratégicos el "Motor Minero", que incluye la declaración de una superficie de 111.843 km^2 como Zona de Desarrollo Estratégico, denominada Arco Minero del Orinoco (ZDEN-AMO), la cual cubre una extensión equivalente al 24% de la Amazon ía venezolana y que se superpone con áreas de preservación ambiental y tierras indígenas. Está dedicada a la extracción de oro, diamantes y varios otros minerales, como el coltán.

Luego de la creación de la ZDEN-AMO, en 2016, el aumento de la extracción de oro en la Amazonía venezolana ha ido en aumento, con impacto tanto fuera como dentro de territorios indígenas y áreas naturales protegidas. Además, se han hecho presentes grupos delictivos y militares que se disputan las minas, según denuncian las comunidades. El ejercicio ilegal de esta actividad se ha convertido en la principal amenaza ambiental y social en el sur del territorio venezolano[23].

El 8 de abril de 2020, a través de la resolución 1010 el estado autorizó la explotación de minerales en seis ríos del estado Bolívar (Caura, Cuchivero, Aro, Yuruari, Cuyuní y Caroní) sin ningún tipo de evaluación ambiental ni protocolos de consulta libre, previa e informada a los pueblos indígenas, como lo establece el marco legal venezolano. Esta resolución, en principio ha sido derogada, pero no se cuenta con el documento legal que ampara ese proceso administrativo.

Así mismo, se ha observado un aumento de la actividad agrícola, cuyos impulsores aún están por estudiarse. Sin embargo, en términos de extensión terrestre afectada, la actividad agrícola afecta una superficie mayor que la minería, pero en términos de velocidad del aumento de la perturbación, la minería ilegal tiene un impacto mayor, así como la dispersión que ha alcanzado en la Amazonía venezolana. Esto, sin considerar el impacto en los ecosistemas acuáticos, en la salud humana, en las tradiciones y modos de vida de los pueblos indígenas y en la vulneración de múltiples derechos humanos, y específicamente indígenas.

[22] Ambiental.Net,2015. Fiebre del oro destruye las selvas sudamericanas. Recuperado el 2 de febrero 2022 de https://ambiental.net/2015/10/fiebre-del-oro-destruye-las-selvas-sudamericanas/
[23] RAISG (2020). Amazonía Bajo Presión. https://www.amazoniasocioambiental.org/es/publicacion/amazonia-bajo-presion-2020/

3. El futuro de la deforestación en la Amazonía

3.1 Alternativas para abordar este tema

El proceso de transformación de la Amazonía y, en particular, de sus ecosistemas boscosos ha atraído la atención de múltiples actores. El estudio de su dinámica y de las causas que la gobiernan es otro de los objetivos de análisis. En ambos casos la tarea reviste grandes retos debido a su complejidad, por no tratarse de un área homogénea, aun cuando comparte una cierta identidad funcional. Ahondar en los cambios que han ocurrido en la Amazonía es una tarea que requiere disponer a una amplia escala geográfica de información de diferente índole.

Esto, sólo recientemente se está comenzando a lograr, gracias a los avances en materia de telemetría (sensores remotos), pero aún se trata de información fragmentada o una resolución espacial bastante gruesa. Por esta razón, las variables que han sido objeto de mayor atención son deforestación y quemas, ambas como indicadores de actividades que transforman el espacio con diferentes dinámicas y efectos espaciales (agricultura, legal o ilegal), cría de ganado, minería, extracción de hidrocarburos, explotación forestal, entre otros). En cada caso, han existido enormes retos técnicos que han ido superándose, pero aún queda camino por recorrer para lograr un entendimiento profundo de las dinámicas locales y regionales.

Como ya se mencionó, en primera instancia, los análisis sobre las tendencias en el cambio de uso de la tierra y de la deforestación tienden a ser parciales, orientados principalmente a Brasil, Bolivia y pequeñas áreas de otros países. El proceso de comprender que la Amazonía es mucho más que la Amazonía brasileña ha sido largo y difícil, y aún existen muchos estudios que hablan de ésta como si fuera la única existente. Por otro lado, la diversidad y complejidad de análisis cuando se considera la Amazonía andina y guayanesa no es menor, por lo que los procesos tienen que ser cuidadosos. No obstante, tener una visión parcial es contraproducente en términos de la conservación biológica y cultural imperativa de cara al papel de este conjunto de ecosistemas, mayormente boscosos, en el mantenimiento del clima, la fijación de carbono y de diversidad de especies, así como de las culturas milenarias que han hecho vida en esta extensa área geográfica.

Existen diversas estrategias para la modelación del cambio de la cobertura y uso de la tierra, o bien la deforestación, entre los que destacan las cadenas de Markov y los Autómatas Celulares (CA por sus siglas en inglés). Las cadenas de Markov son un modelo matemático que da como resultado una matriz de probabilidades o transición de cambio a partir de un estado inicial una variable de tiempo. La matriz de transición muestra la probabilidad que tiene una determinada cobertura de permanecer igual con el paso del tiempo o de cambiar a otros estados. Los modelos basados en Autómatas Celulares representan el espacio geográfico o área de estudio en celdas regulares, y cada celda representa una categoría de uso con unas características físico-naturales asociadas[24]. En los modelos de CA el contexto de cada celda juega un papel importante, ya que influyen en el escenario resultante, de tal forma que se podría diferenciar entre una celda boscosa rodeada de un área deforestada y una no deforestada. Los modelos anteriormente descritos han demostrado buenos resultados en la modelación de escenarios de cambio de cobertura y uso del suelo e incluso, se han utilizado de forma conjunta.

Esta herramienta de análisis está disponible en aplicaciones específicas de programas de sistemas de información geográfica como ArcGIS, IDRISI, QGIS o DINAMICA. Sin embargo, por ser varios de éstos de tipo licenciado, se limita su uso.

[24] Xin Yang,Xin-Qi Zheng,Li-Na Lv. (2012). A spatiotemporal model of land use change based on ant colony optimization, Markov chain and cellular automata https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2012.03.011

Además, su aplicación en grandes extensiones geográficas no está limitada en términos del ámbito espacial donde se aplica, por la gran demanda de capacidad y tiempo de cómputo que demandan para grandes extensiones como la región amazónica completa.

Sin embargo, presentan limitaciones en cuanto a que, algunos de ellos son de tipo licenciado razón por la cual no todas las organizaciones de Raisg tienen acceso a ellas o en su defecto no resultan ser óptimos para procesar grandes extensiones geográficas como es el caso de la Amazonía debido a los requerimientos computacionales.

El abordaje de predicción de la deforestación en este estudio para toda la Amazonía está enfocado en *resaltar las áreas críticas, entendiendo que estas áreas serían sitios de una tasa de deforestación alta y de proporciones de bosque remanente muy bajo*. Donde se esperaría que en los próximos años se pierda la cobertura forestal.

Otra de las complejidades importantes al momento de desarrollar este tema es la variación en la tasa de deforestación y en los impulsores de la deforestación tales como agricultura, minería e infraestructura. Por esta razón *se optó por dividir la Amazonía en una grilla de 2 grados para calcular la dinámica de la deforestación desde el año 2001 al 2019. Con esta información proyectar la deforestación al 2025 y estimar los escenarios de deforestación*.

3.2 Metodología

3.2.1 Descripción del modelo

El análisis de los cambios en la cobertura y uso del suelo a escala de la Amazonía (más de ocho millones de kilómetros cuadrados) tiene altas demandas en términos computacionales, lo que llevó al equipo a trabajar en la plataforma Google Earth Engine. En esta primera aproximación, se seleccionó como indicador de los cambios de cobertura a la deforestación y se empleó el algoritmo de Random Forest, con la opción de probabilidad, para identificar las áreas que tienen una alta posibilidad de experimentar deforestación en los próximos años, sobre la base de lo que fue el proceso de deforestación histórico reciente. Como variables que pueden incidir en este proceso, se consideraron (Tabla 6) aquellas características físico-naturales que pueden actuar como limitantes o propiciadoras para actividades humanas, donde destacan la topografía (modelo digital de terreno y pendiente) y la presencia o cercanía a ríos y bosques. Entre las variables de origen humano, se evaluarod en la accesibilidad (caminos, ríos navegables) y la demanda de bienes y servicios (cercanía a centros poblados). Un aspecto clave para considerar dichas variables fue la disponibilidad del dato para toda la región (o posibilidad de generarlas) y los múltiples reportes sobre su importancia para este tema[25,26].

El enfoque y pasos seguidos se muestran en la figura 5.

[25] Rojas Briceño, N. B., Barboza Castillo, E., Maicelo Quintana, J. L., Oliva Cruz, S. M., y Salas López, R. (2019). Deforestación en la Amazonía peruana: índices de cambios de cobertura y uso del suelo basado en SIG. Boletín De La Asociación De Geógrafos Españoles, (81). https://doi.org/10.21138/bage.2538a

[26] Martino D. 2007. Deforestación en la Amazonía: principales factores de presión y perspectivas. Revista del Sur N° 169. pp: 3-22

[27] Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. Forest ecology and management, 177(1-3), 593-596.

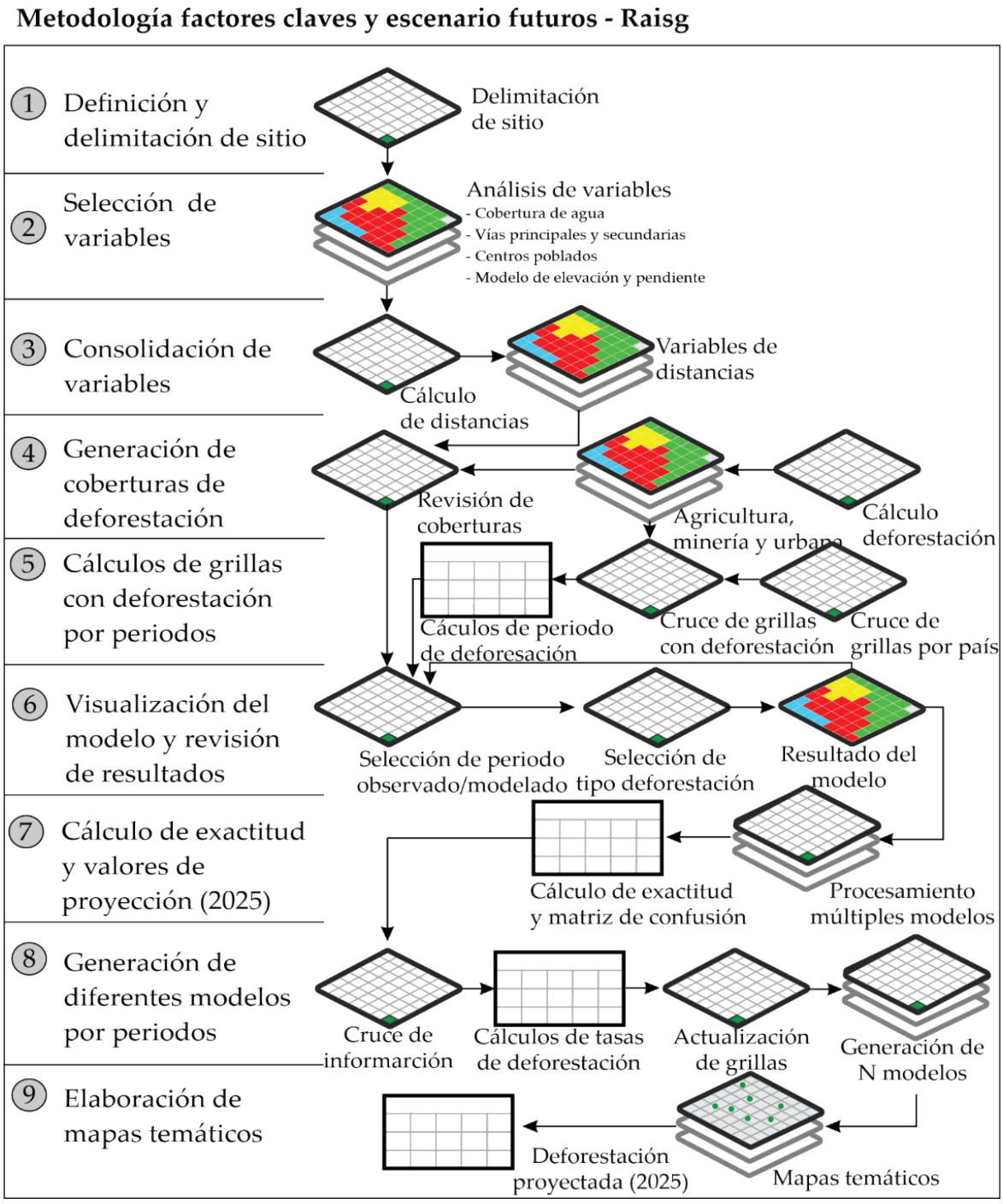


Figura 5. Probabilidad de deforestación en la Amazonía: aproximación metodológica.

Tabla 6. Variables seleccionadas para estimar la deforestación en Amazonía al 2025.

Variable	Nombre Capa	Fuente	Banda
Modelo de Elevación Digital	Dem	https://developers.google.com/earth-engine/datasets/catalog/MERIT_DEM_v1_0_3	dem
Pendiente de terreno	Pendiente	https://samapriya.github.io/awesome-gee-community-datasets/projects/geomorpho90/	slope
Localización de población	Poblacional	https://samapriya.github.io/awesome-gee-community-datasets/projects/hrsl/, modificada para Venezuela	acce
Vías Principales	Camino principal	https://geo.socioambiental.org/webadaptor2/rest/services/Raisg	--
Vías Secundarios	Camino secundario	https://geo.socioambiental.org/webadaptor2/rest/services/Raisg	--
Ríos	agua	Modificada de la versión disponible en MapBiomas 3.0, con imágenes de satélite	classification
Bosque	bosque	MapBiomas 3.0	bos

3.2.2. Preparación de variables de entrada

Para alimentar al modelo con datos, se definen diferentes variables que influyen en las actividades de deforestación, de acuerdo con la tabla 6, cada una es trabajada, compilada y revisada por cada país y centralizada bajo una serie de pasos para una estandarización de propiedades. Partiendo de la consolidación de todas las variables o información, se procede a realizar un cálculo de distancias con cada parte de la información obtenida, dando como resultado coberturas que tienen un valor de distancia para cada tipo de información seleccionada. De los resultados sobre la cobertura de deforestación calculada a partir del producto de cobertura y uso de la tierra, correspondiente a la colección 3[27], se generaron tres nuevas coberturas asociadas a la actividad agropecuaria, a la infraestructura urbana y a la actividad minera. Cada cobertura se utiliza como base para correr el modelo de probabilidad de deforestación.

Partiendo de las grillas de 20 km por 20 km, se calculan diferentes atributos que reflejan la deforestación ocurrida en cada año entre el periodo del 2001 al 2020, otros atributos guardan la suma de periodos de deforestación, que se pretende abordar en la corrida del modelo, como ser la suma de deforestación en diferentes periodos que reflejan el comportamiento y trayectoria de la deforestación a lo largo de los últimos 20 años.

[27] La colección 3 presentado por MapBiomas Amazonía, es una colección de mapas anuales, que registran 36 años (1985 a 2020) la cobertura y uso del suelo de la Amazonía, a escala de 30 m. https://amazonia.mapbiomas.org/

Una vez generado las coberturas de distancias por cada una de las variables y grillas para el sitio de interés, se procede a correr un modelo seleccionando el atributo de superficie de las grillas que coinciden a una superficie mayor e igual al parámetro definido por los usuarios que van desde 50, 100, 200, 250 y 500 hectáreas. Las grillas filtradas por la superficie definida son utilizadas para establecer puntos de muestras aleatorias donde existe deforestación y sitios donde no existe deforestación, tomando el cuidado de equilibrar y balancear los puntos de muestras de forma equitativa dado como resultado el 50% en sitios con deforestación y 50% fuera de deforestación.

3.2.3. Modelo de probabilidades de deforestación

El modelo desarrollado en Random Forest en la plataforma de Google Earth Engine muestra un alto desempeño al momento de predecir la ocurrencia de nuevos sitios de deforestación. Para realizar la validación se consideran umbrales de superficie deforestada acumulada por periodos dentro de la grilla de 20 km de 250 km y de 500 km. Para los periodos de 2003, 2007, 2010, 2012, 2016 y 2019. Con la finalidad de seleccionar el mejor umbral para generar los resultados de estimación de áreas probables para escenarios futuros se seleccionaron los umbrales de mayor a 30%, mayor a 50%, mayor a 75%. Se optó por generar la corrida del modelo con un periodo de 10 años (2001 al 2010) en la etapa de entrenamiento y el periodo de validación también 10 años (2011 al 2020). Para generar los escenarios de deforestación se acumuló la superficie deforestada de los últimos cuatro años (2016 al 2020) para proyectar la deforestación esperada para los próximos 4 años en el futuro (2025) (Figura 6).

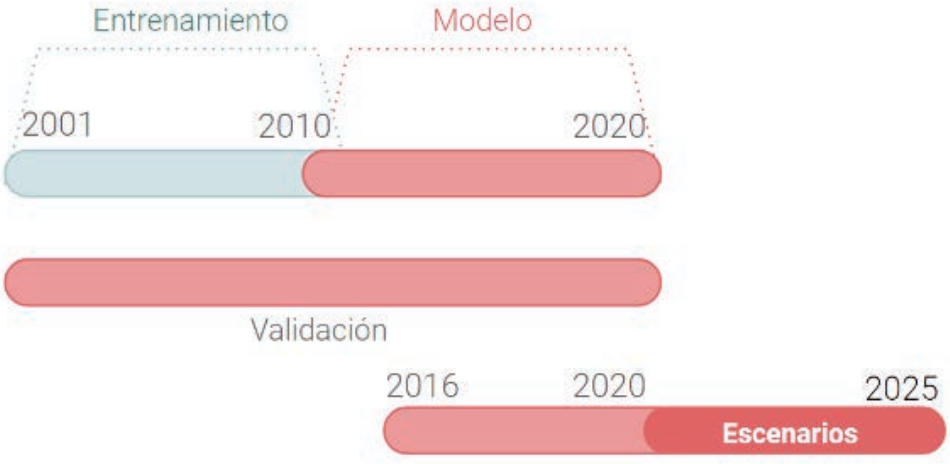


Figura 6. Periodo de análisis de modelo de probabilidad

3.2.4. Construcción de escenarios futuros

A partir de las grillas de 2 grados (20 km por 20 km) utilizadas para la construcción del modelo de probabilidades de deforestación se calcularon tasas de deforestación[28] para los periodos acumulados: 2001-2005, 2006-2010, 2011-2015 y 2016-2020. Los valores de tasa encontrados en cada grilla por periodo se aplican al valor resultante del modelo de probabilidad de deforestación (Figura 7). El valor de la tasa de deforestación por grilla corresponde a un escenario de deforestación.

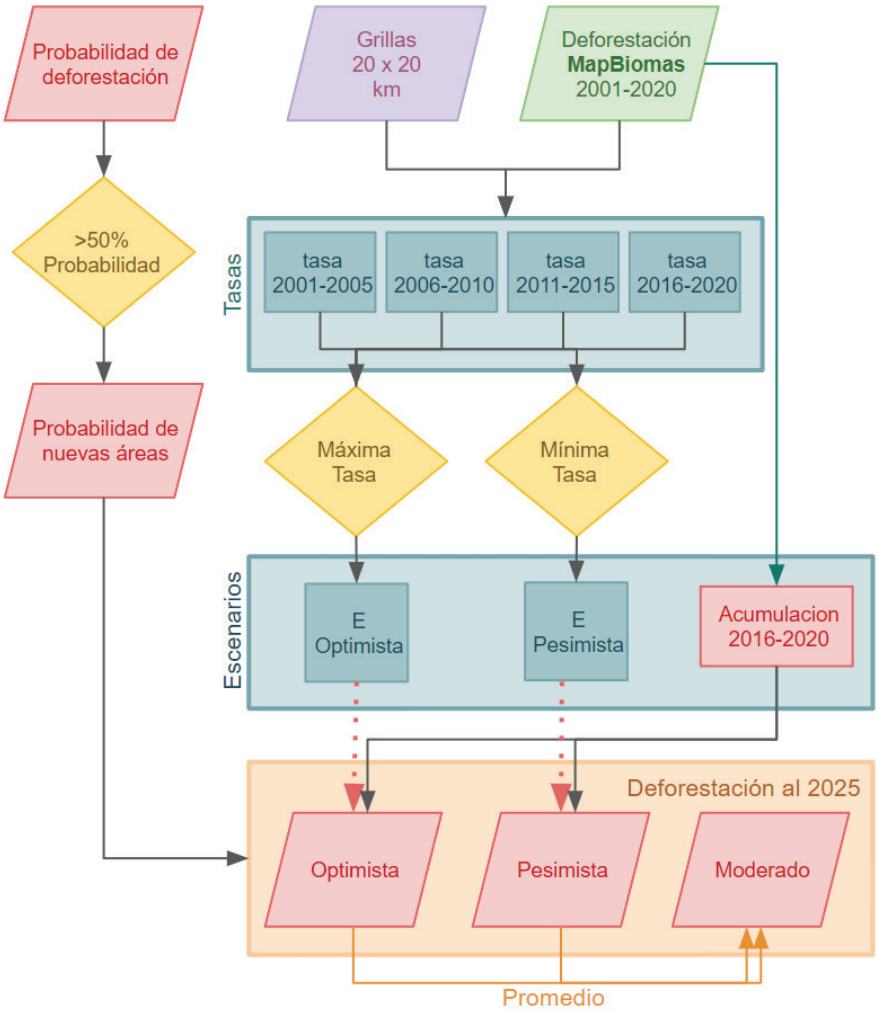
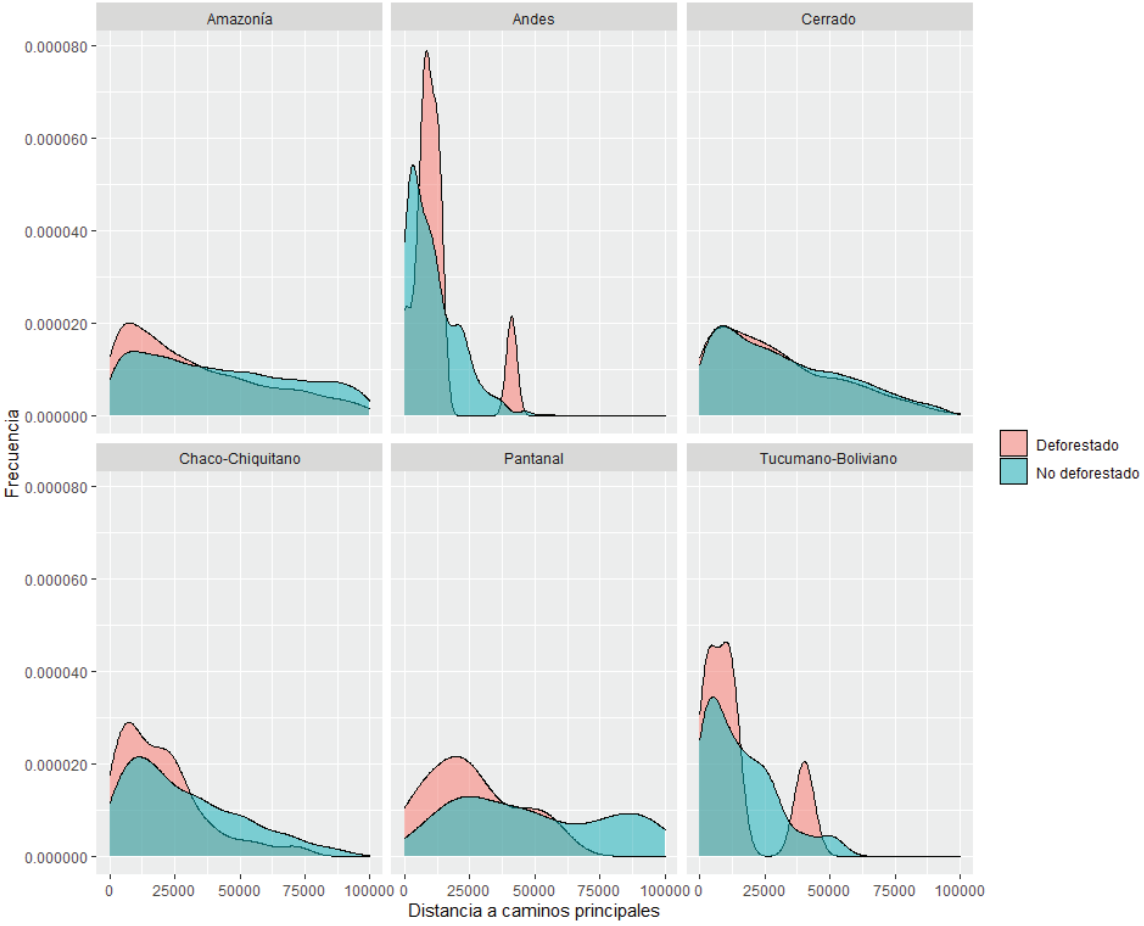


Figura 7. Cálculo de tasas de deforestación y escenarios futuros. Las tasas se refieren a un acumulado que definen los escenarios.

[28] Puyravaud, J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. Forest ecology and management, 177(1-3), 593-596.

3.2.5. Factores de accesibilidad que explican la deforestación en los diferentes biomas

Las variables utilizadas en el modelo responden a las características de acceso natural o desarrollado en la región. A continuación, se presentan cómo responde cada una de las variables a la ocurrencia de la deforestación histórica por biomas. De esta forma se pueden entender qué factores inciden en la mayor probabilidad de deforestación en cada bioma. En general, las áreas deforestadas se concentran en las proximidades de los caminos. La deforestación en el bioma Amazonía tiene lugar en un intervalo mayor de distancia a caminos, en cambio en los biomas Andes y Tucumano-boliviano, ese intervalo es más restringido (Figura 8).



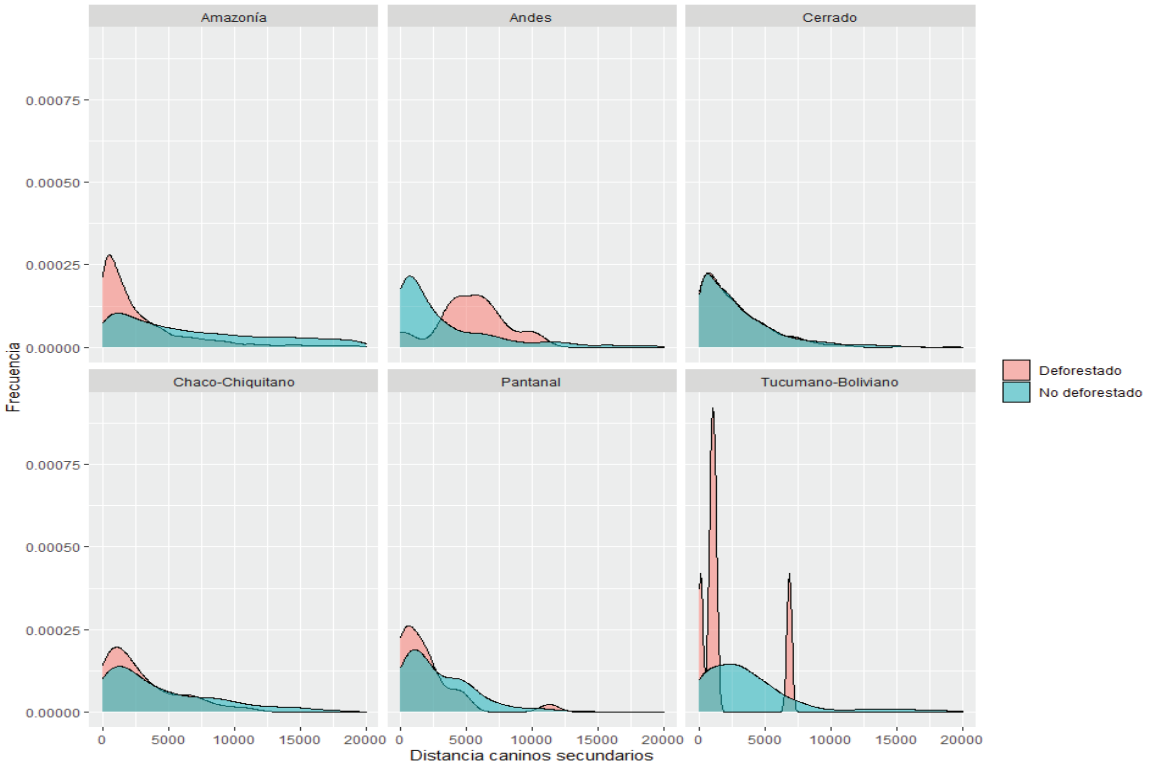


Figura 8. Frecuencia de deforestación por proximidad a caminos principales y secundarios en los diferentes biomas.

La deforestación en proximidades a los ríos navegables (Figura 9) muestra un comportamiento muy similar a la variable de caminos, es decir, mientras más cerca de los ríos, la deforestación se encuentra en mayor proporción, especialmente en ríos navegable para la extracción de madera. En el bioma Andes esta variable explica una mayor proporción de deforestación.

Por otro lado, gran parte de la deforestación en el bioma Amazonía se concentra en tierras bajas, hasta una altitud de 800 msnm, donde el terreno presenta menos obstáculos naturales. En contraposición, en los biomas Andes y Tucumano-Boliviano la deforestación se detecta en el rango altitudinal entre 1.000 y 2.000 msnm, y se caracteriza por conformar áreas pequeñas y medianas dedicadas a la agricultura (Figura 10).

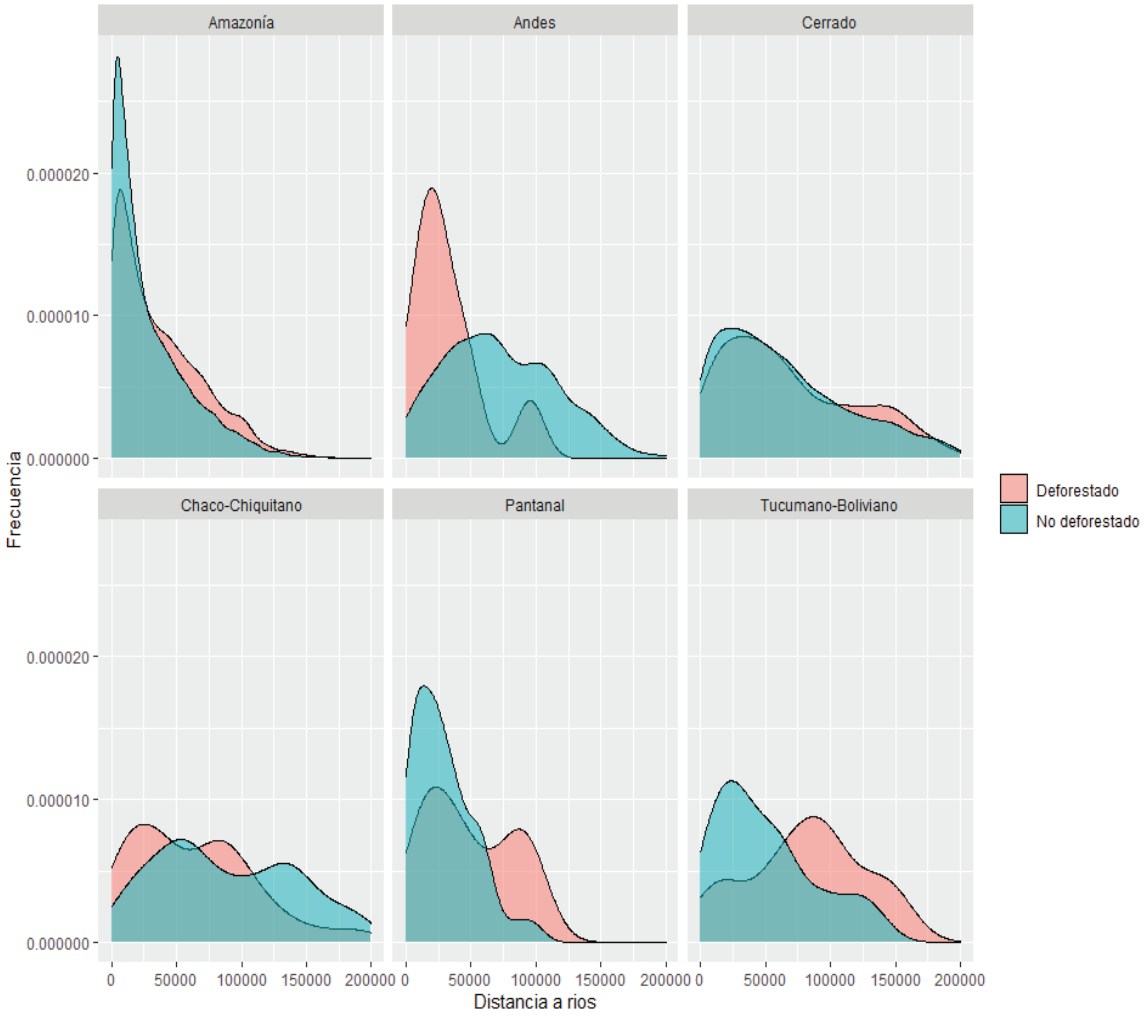


Figura 9. Frecuencia de deforestación por proximidad a ríos navegables en los diferentes biomas.

El comportamiento de la deforestación con la pendiente (Figura 11), mostró una amplia variación entre los diferentes biomas, probablemente asociada a las características fisiográficas propias de cada uno de ellos. Para los biomas Amazonía y Cerrado se observó deforestación a lo largo de un rango que va de 0 a 10 grados, pero con la mayor frecuencia por debajo de los 5 grados de pendiente, es decir, en las zonas más planas. En el bioma Andes, a pesar de detectarse bosque por debajo de los 10 grados, la mayor frecuencia de deforestación tuvo lugar entre los 10 y 20 grados. En contraposición, en el bioma Chaco-Chiquitano este proceso se da, de forma concentrada, por debajo de los 4 grados. En el caso de los biomas Pantanal y Tucumano-boliviano, la mayor frecuencia de deforestación tiene lugar en varios intervalos de pendiente. En el Pantanal la mayor cantidad de deforestación se observó hasta los 2,5 grados, luego alrededor de los 7,5 grados y cerca de los 20 grados. En el Tucumano-Boliviano la mayor frecuencia de deforestación tiene lugar entre los 2,5 y 7,5 grados, pero hay un segundo pico de deforestación entre 0-1 grado de pendiente.

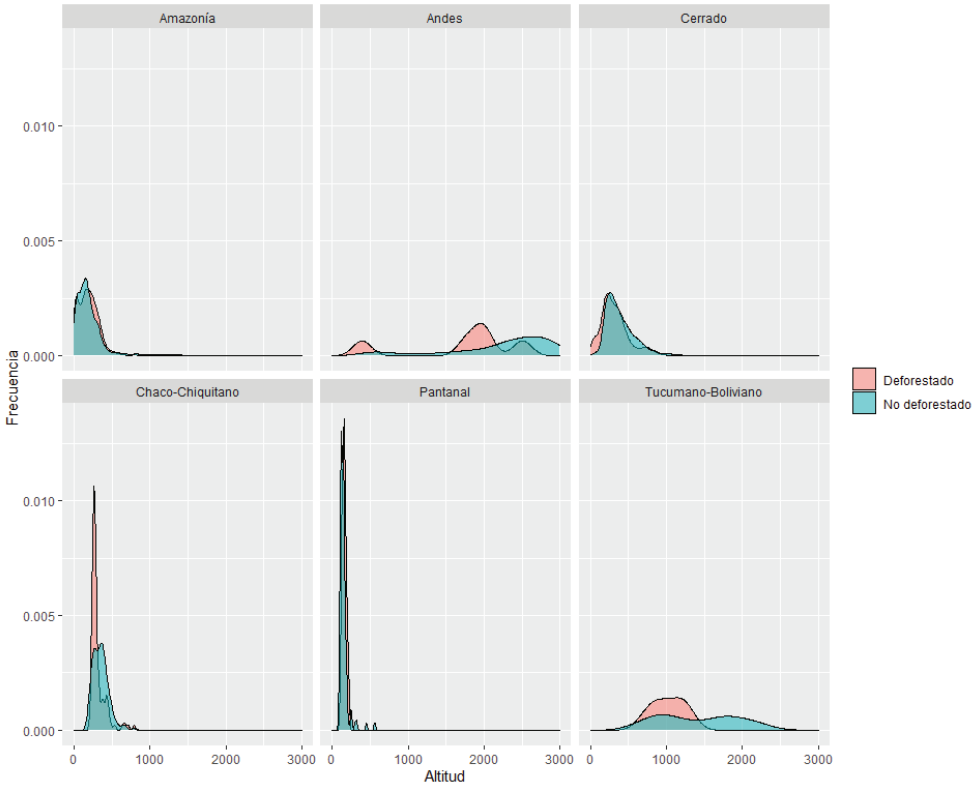


Figura 10. Frecuencia de deforestación por altitud (msnm) en los diferentes biomas.

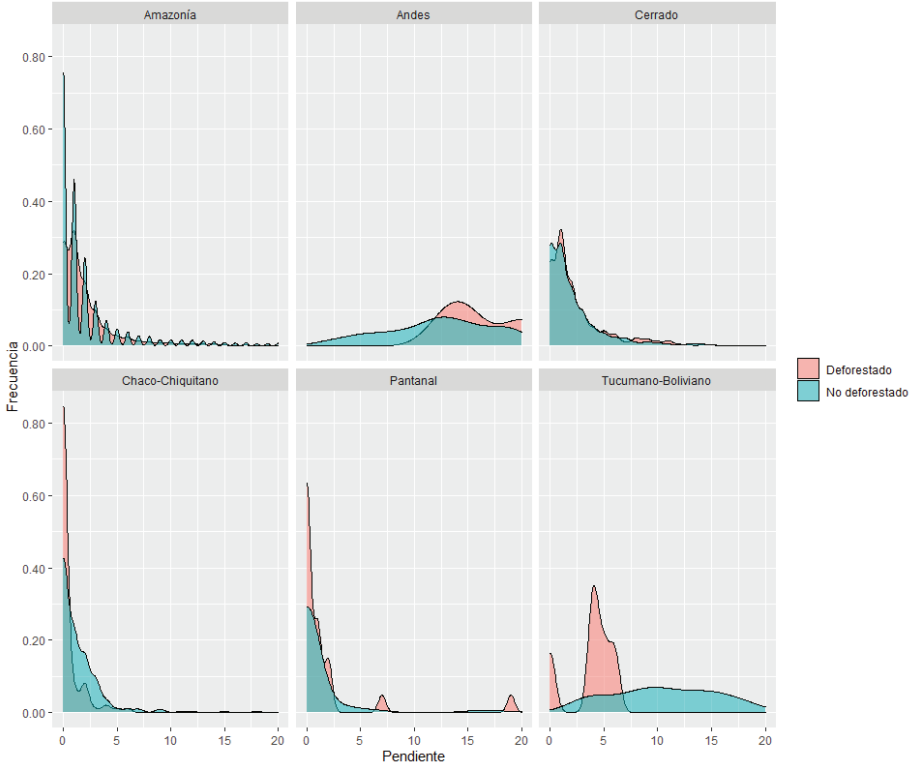


Figura 11. Frecuencia de deforestación por pendiente en los diferentes biomas.

En todos los biomas de la región amazónica, salvo Andes, la cercanía a los centros poblados (Figura 12), aumenta la frecuencia de deforestación. Esto es más notorio, en orden decreciente, en los biomas Amazonía, Pantanal, Tucumano-Boliviano y Chaco-Chiquitano. En contraposición, en el bioma Andes, de acuerdo con este análisis, es más frecuente encontrar áreas no deforestadas en las cercanías a comunidades.

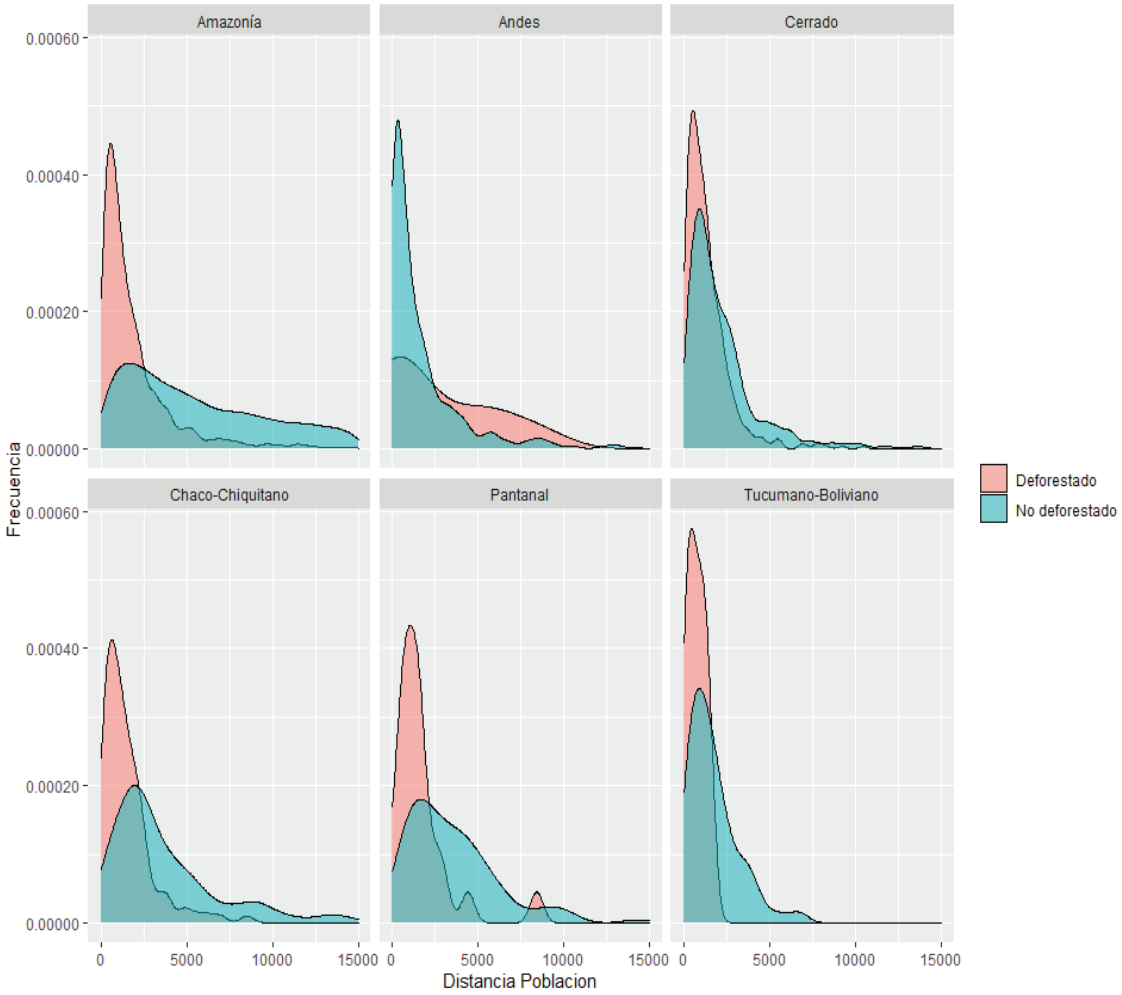


Figura 12. Frecuencia de deforestación por proximidad a centros poblados.

Con relación a la variable de bosques remanentes (Figura 13), se observa una relación importante entre la frecuencia de deforestación y la matriz boscosa natural para el bioma Chaco-Chiquitano, así como para los biomas Amazonía y Pantanal. En mucho menor magnitud Tucumano-Boliviano y Cerrado. En el caso del bioma Andes la deforestación ocurre a una cierta distancia (alrededor de 100 metros).

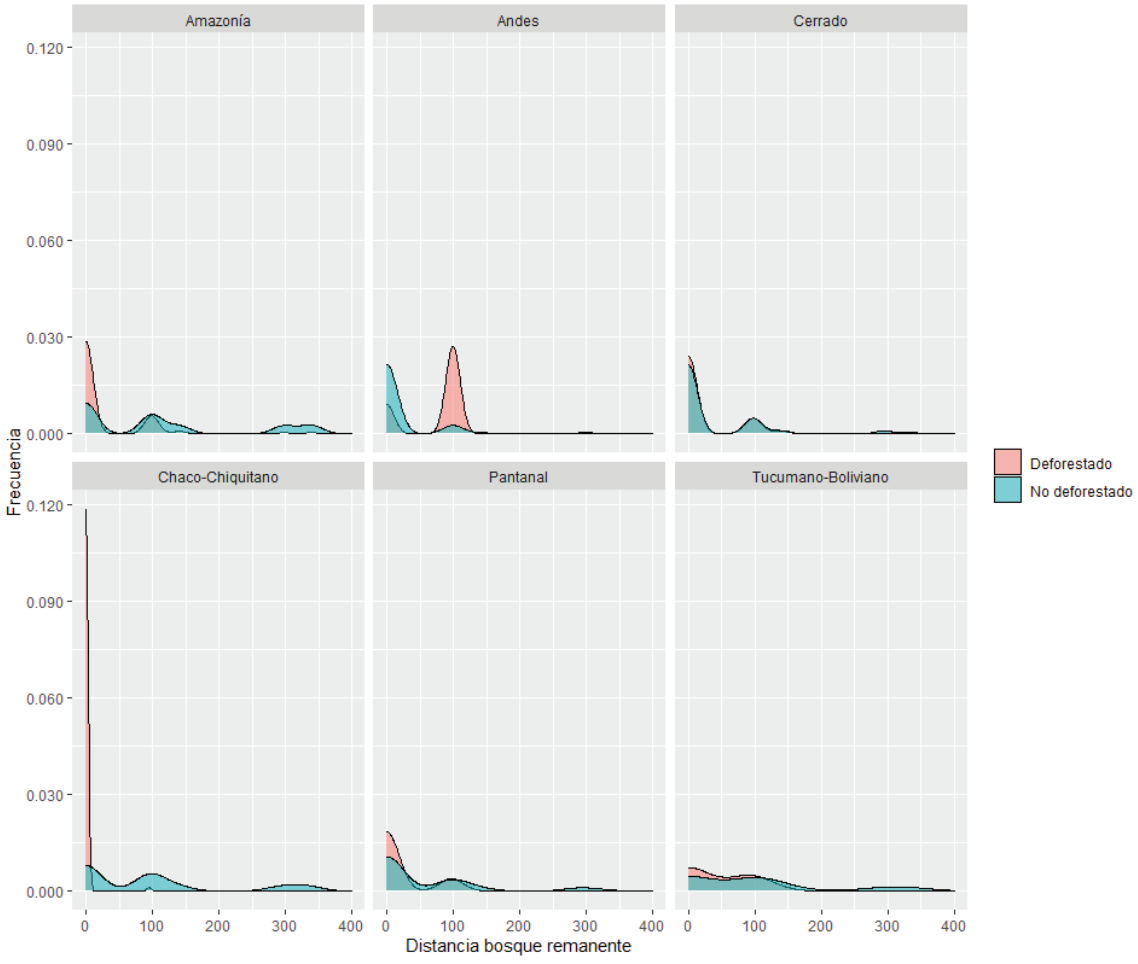


Figura 13. Frecuencia de deforestación por proximidad a bosque remanente en los diferentes biomas.

3.3. Probabilidad de deforestación en la Amazonía

Con base en las variables de condición de terreno y accesibilidad analizadas, las áreas con mayor probabilidad de deforestación (alta y muy alta) en la Amazonía se concentran (Figura 14, al Este de Brasil, en los Estados de Maranhao, Piaui y Pará; en Bolivia en los departamentos de Santa Cruz y Cochabamba; en Perú entre los departamentos de Ucayali y Guanuco.

Figura 14. Resultados de probabilidad de deforestación utilizando la técnica de Machine learning en la plataforma Google Earth Engine.

El análisis de variables de importancia utilizado en este modelo muestra que en la región Amazónica la ocurrencia de deforestación viene dada por la proximidad a los ríos navegables, las vías principales, la elevación o altitud, la distancia a centros poblados y la distancia a caminos secundarios (Figura 15). La elevación o altitud también es una variable que explica la extensión de la deforestación en cuanto a la restricción y también por la extensión. A continuación, se observa la estimación de importancia para las variables consideradas en el modelo en la plataforma de Google Earth Engine, que permiten explicar la dinámica de la deforestación.

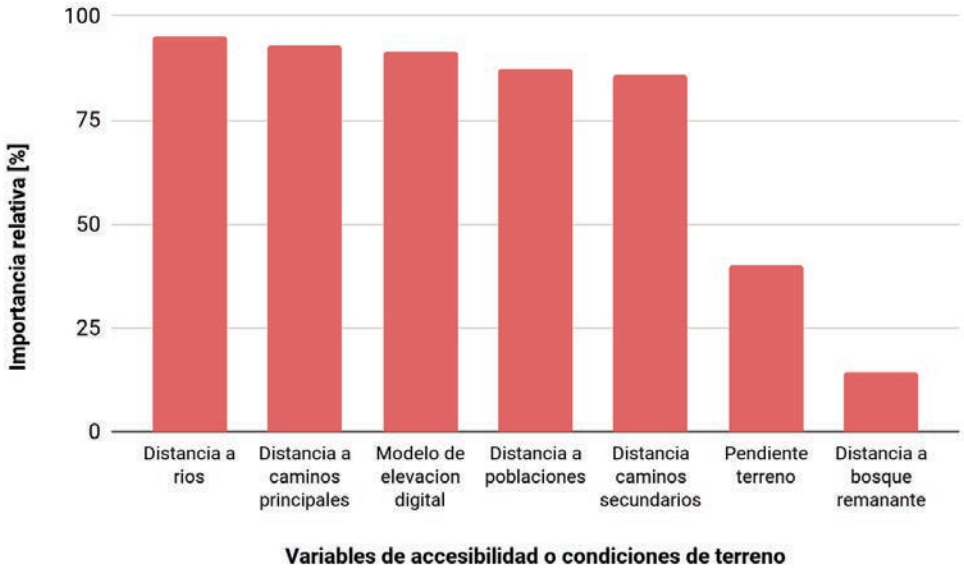


Figura 15. Importancia de la accesibilidad y las condiciones del terreno en el modelo de probabilidades de deforestación.

A partir del modelo de probabilidades de deforestación, en la Amazonía para el año 2025 las áreas con posible ocurrencia de la deforestación (probabilidad por encima del 50%) según criterios de accesibilidad y condiciones de terreno seguirá los posibles tres escenarios futuros:

Optimista: Contempla que el avance de la deforestación en los próximos años, en la región Amazónica, tendrá lugar a un ritmo coherente con las tasas más bajas del periodo 2001-2020, reportadas por Raisg (2021).

Pesimista: Predice la superficie de bosque que se perdería en la región Amazónica en los próximos años si se alcanzan tasas de deforestación tan altas como los máximos observados en la ventana temporal 2001-2025, a partir de cifras estimadas por Raisg (2021).

Moderado: Bajo este escenario se proyecta la extensión que podría ser deforestada en los próximos años en la región Amazónica si las tasas de deforestación se ubican en valores medios entre los mínimos y máximos observados para el periodo 2001-2020.

Estos tres escenarios proporcionan un marco referencial de lo que podría ocurrir si situaciones que ya se han experimentado en las primeras dos décadas del siglo XXI tienen lugar. Es decir, si se aplican regulaciones y controles a las actividades que conllevan a la deforestación (escenario optimista), o si por el contrario se favorece la ocupación desordenada del espacio, con prioridad hacia actividades no cónsonas con el ambiente (p.e. extractivistas), alejadas de los Objetivos del Desarrollo Sostenible establecidos por la ONU en el año 2015. De esta manera, se podrán observar procesos que pueden intensificar los efectos del cambio climático o tendencias que favorecen la sostenibilidad ambiental y social en la región, estos se verán influenciados por factores directos o indirectos como:

- La implementación o no de acciones de seguimiento y regulación, las cuales deben ir acompañadas de estrategias de manejo, conservación, restauración

y aprovechamiento sostenible de los bosques y todos los tipos de ecosistemas de la región Amazónica.

- La dinámica del crecimiento y planificación de infraestructura que aumente la accesibilidad al bosque remanente o hacia zonas más remotas, como el aumento en la navegabilidad de los ríos, la expansión de vías terrestres y la expansión o creación de nuevos centros poblados.

- La dinámica de los factores gubernamentales, como entes que dictan las políticas públicas, regulan los incentivos, generan pautas en planificación territorial, definen las normas sectoriales, reglamentaciones coyunturales, entre otros.

- La expansión de actividades no cónsonas con la sustentabilidad socioambiental, de auge en la región como la minería (oro y otros minerales estratégicos), la extracción forestal y las actividades agropecuarias de gran escala (monocultivos).

4. Resultados

4.1 Perspectivas de la deforestación en la Amazonía al 2025

A continuación, haremos un breve recorrido por las perspectivas para el periodo 2021-2025 que plantean cada uno de los tres escenarios definidos previamente.

4.1.1 Tendencias por escenarios para la Región Amazónica

Bajo los tres escenarios planteados, la deforestación que se observaría en la región Amazónica hasta el año 2025, tendría el comportamiento presentado en la figura 16. En los tres casos, el mayor impacto se observaría en el cinturón de oeste a este al sur de Brasil, con un gran impacto sobre el bioma Cerrado. Otro núcleo importante se encontraría en Bolivia, especialmente en el bioma Chaco-Chiquitano. Los restantes focos tienen una extensión menor y se encuentran en Perú, con varias zonas geográficas comprometidas, mayormente dentro del bioma Amazonía. Luego en el área cercana al encuentro de los biomas Amazonía y Andes en Ecuador, que hace un continuo que se intensifica en Colombia. En el estado de Roraima, al norte de Brasil, se proyectan dos focos también de importancia. Adicionalmente, y en especial en los escenarios Moderado y Pesimista, la cuenca baja del río Amazonas, se encontraría bastante comprometida también.

No obstante, bajo los escenarios Moderado y Pesimista la deforestación también se expande o acentúa en nuevas áreas (Figura 17), como las márgenes del cauce principal del río Amazonas, el estado Amazonas de Brasil, el norte y este de la Amazonía venezolana, una gran extensión de la Amazonía colombiana de tierras bajas, prácticamente en todo el bioma Amazonía en Ecuador, además del bioma Andes tanto en ese país como en Perú, a lo que se suma una extensión importante de las tierras bajas del bioma Amazonía en Perú y los biomas Andes y Amazonía en Bolivia. En el caso de Brasil, como ya se mencionó, el "cinturón sur" se expande desde el bioma Cerrado al bioma Amazonía, en ascenso hacia el norte.

La deforestación histórica (2001-2020) junto a las condiciones actuales de accesibilidad y terreno, sin considerar elementos adicionales como políticas públicas, intensificación de actividades humanas, cambio climático, entre otras, alcanzarían valores de 774.713 km^2, para el escenario Pesimista, 672.273 km^2 según el escenario Moderado y 634.196 km^2 bajo el Optimista (Figura 18). Los escenarios Moderado y Pesimista predicen un aumento en la tasa de deforestación en el quinquenio 2021-2025 con respecto a lo observado en los tres quinquenios precedentes (2006-2010, 2011-2015 y 2015-2020). Por su parte, el escenario Optimista predice una velocidad de pérdida de bosque similar a la del quinquenio 2015-2020.

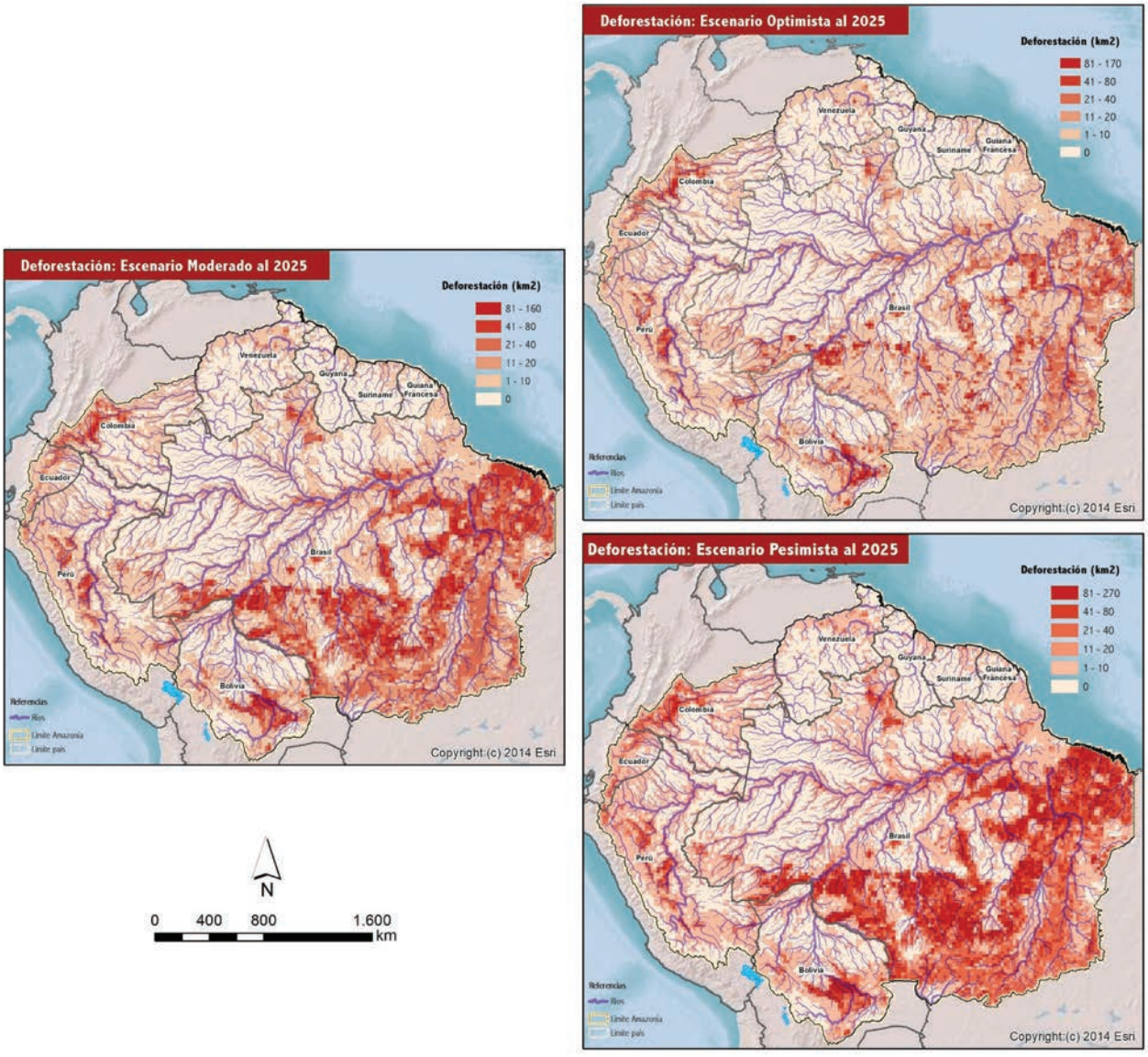


Figura 16. Deforestación probable estimada para el periodo 2021-2025 bajo tres escenarios: Optimista, Moderado y Pesimista.

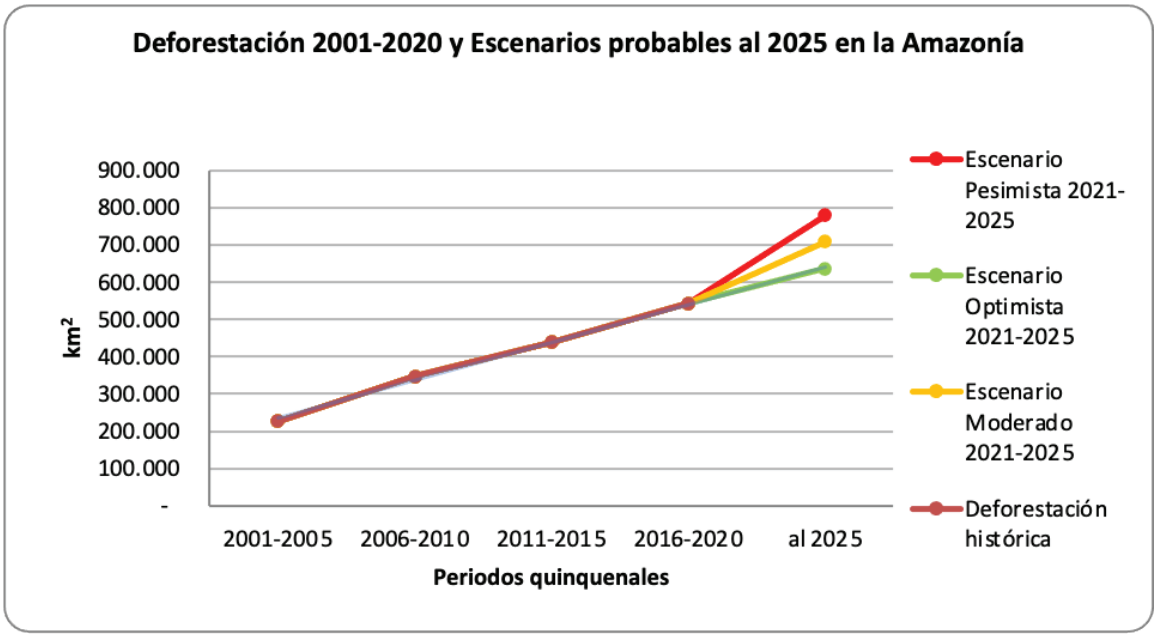


Figura 17. Deforestación quinquenal 2001-2020 y Escenarios probables al 2025 considerando áreas con mayor probabilidad de ocurrencia en la Amazonía.

Por otro lado, si consideramos específicamente el comportamiento por quinquenios, podemos apreciar, de forma específica la contribución histórica de cada uno para el periodo 2001-2020, así como las proyecciones para 2021-2025 según cada escenario propuesto. En la figura 18 resalta el primer quinquenio bajo análisis como el de mayor deforestación. Y en ese mismo sentido, encontramos que, bajo condiciones similares a las imperantes en los años de máxima deforestación, escenario Pesimista, -escasos controles ambientales, expansión de las actividades humanas sin consideraciones de sostenibilidad socioambiental-, la deforestación sería aún peor que entre 2001 y 2005 (237,0 mil km^2 comparados con 226,7 mil km^2). Esto, además, implica que se perdería el 80,8% del bosque con más del 50% de probabilidad de deforestación.

En el escenario Optimista (Figura 18), para el que se consideraron las tasas más bajas ocurridas en la ventana 2001-2020, y donde se presume que los controles ambientales fueron mayores, la pérdida boscosa proyectada es apenas 2,8% mayor que el quinquenio 2011-2015, con 94.349 km^2.

El escenario Moderado nos posiciona en una situación no tan favorable, ya que la deforestación prevista es de 165,7 mil km^2, sólo por debajo del quinquenio 2001-2005, que fue el peor para la ventana 2001-2020 (Figura 18). Bajo este escenario, para el periodo 2021 - 2025, la región Amazónica perdería 56% del bosque con una probabilidad superior al 50% de ser deforestada para el 2020.

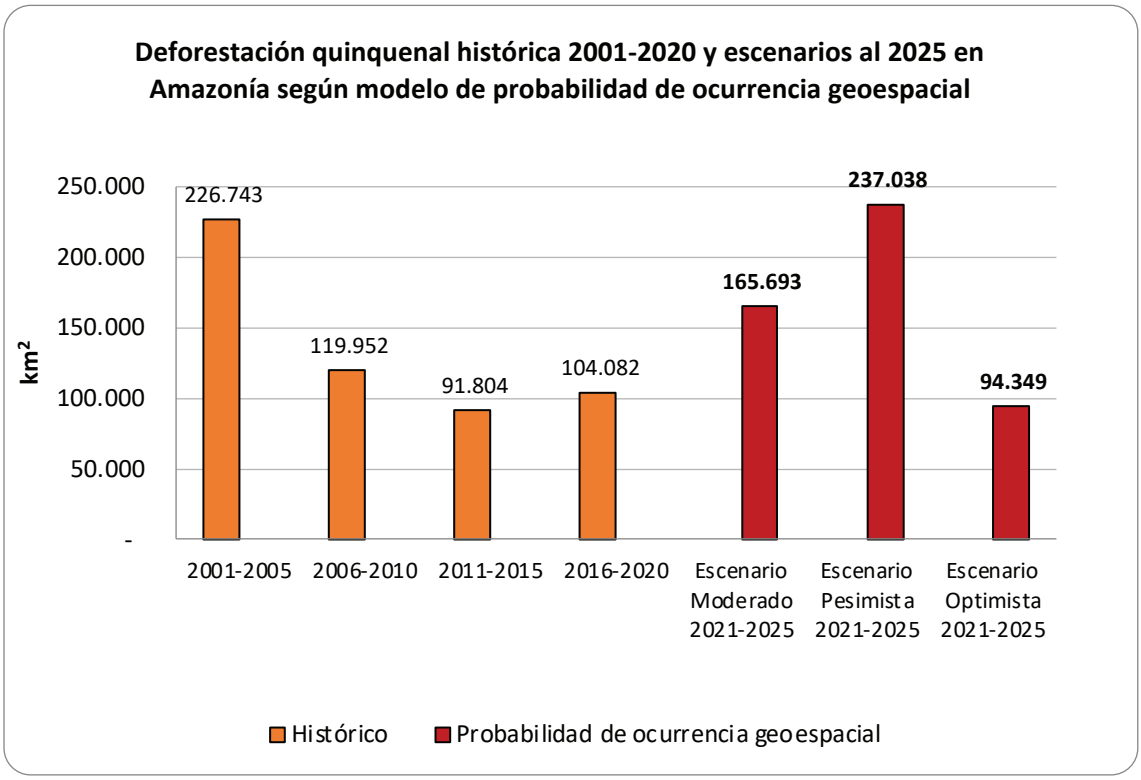


Figura 18. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en Amazonía

4.1.2 Tendencias y escenarios para las Áreas Naturales Protegidas y los Territorios Indígenas

Las Áreas Naturales Protegidas y los Territorios Indígenas son unidades territoriales que han mostrado funcionar como una barrera ante procesos como la deforestación (Raisg, 2021), la pérdida de carbono (Raisg, 2020) y los fuegos (Raisg, 2021) en la región Amazónica. En la tabla 7, podemos apreciar que esa situación en efecto parece tener lugar y que está probablemente asociada, además de su marco jurídico que la sostiene, a la menor accesibilidad de estas unidades, como lo refleja la gran diferencia entre la superficie con una probabilidad de deforestación mayor al 50% que se estima dentro de las ANP y TI (18%); con respecto a lo que ocurre fuera de las mismas (82%). Es de destacar, que en el marco de este trabajo se ha relacionado, justamente, la deforestación con variables de acceso, características fisiográficas (elevación, pendiente) y cercanía tanto a centros poblados como a bosques naturales; de manera que estos resultados apoyan la condición de menor perturbación en ANP y TI. La figura 19, nos muestra el área estimada que podría ser deforestada en el periodo 2021-2025 bajo los tres escenarios analizados, tanto dentro de las ANP y TI, como fuera de éstas. En los tres escenarios, la deforestación que ocurre fuera de estas unidades territoriales es mayor al 80% del total estimado. En las figuras 18, 19,20 y 21 se aprecia la distribución de estas áreas probables de deforestación bajo los escenarios optimista, moderado y pesimista, respectivamente.

Uno de los aspectos interesantes a profundizar es que la deforestación proyectada para 2021-2025 bajo el escenario Moderado supera los valores observados en cualquiera de los quinquenios previos (deforestación histórica) (Tabla 7). Esto podría entenderse porque, como ya mencionamos, los estimados del modelo general para las áreas con mayor probabilidad de

deforestación se sustentan en accesibilidad, y bajo el escenario Moderado, el modelo incorpora una tasa de deforestación promedio (entre el valor máximo y el mínimo), pero no considera otras variables vinculantes como las medidas de manejo que en este caso pueden estar reflejado en los valores históricos observados en TI y ANP. El valor proyectado bajo el escenario Moderado, si bien considera tasas promedio, sólo incorpora la factibilidad de llegar al terreno.

Tabla 7. Deforestación histórica (2001-2020) y esperada (2021-2025) bajo diferentes escenarios en la Región Amazónica.

		Ventana temporal					Escenarios		
Categoría	Superficie Km²	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	Total probable*	Escenario Moderado 2021-2025	Escenario Pesimista 2021-2025	Escenario Optimista 2021-2025
Ti y ANP	4.074.365	23.405	16.729	15.213	21.733	58.109	25.224	32.060	18.388
Fuera de TI y ANP	4.395.844	203.338	103.224	76.592	82.349	235.392	139.743	203.527	75.960

*Área con una probabilidad de ocurrencia geoespacial de la deforestación superior al 50%.

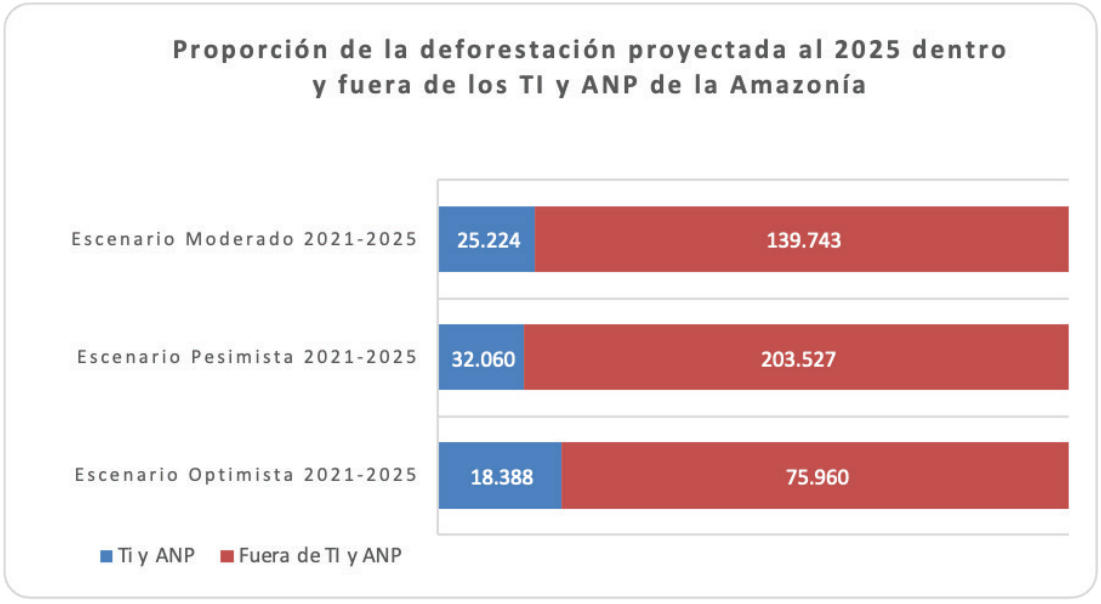


Figura 19. Proporción de la deforestación proyectada al 2025 dentro y fuera de TI y ANP de la Amazonía, en tres escenarios: optimista, pesimista y moderado.

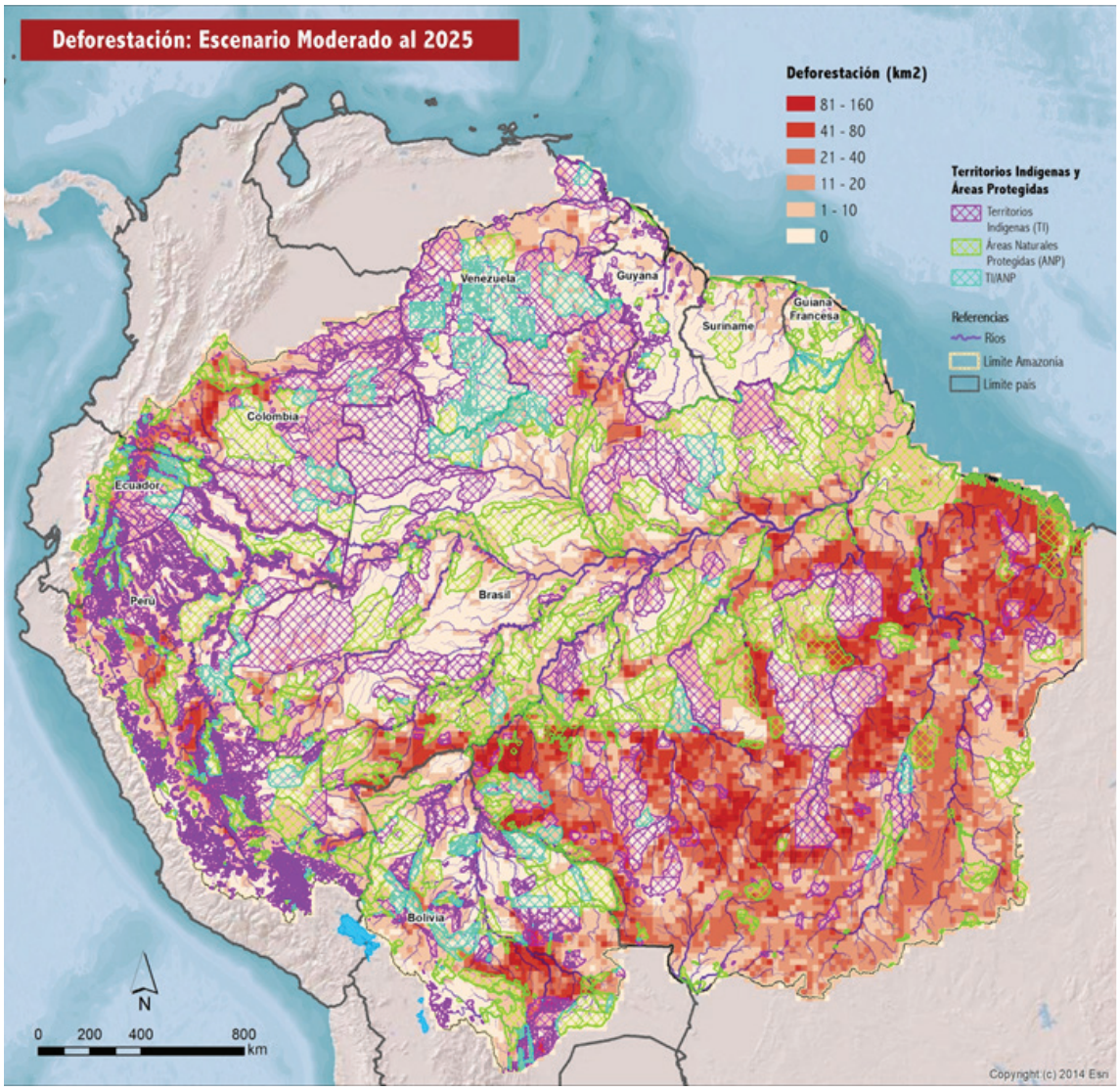


Figura 20. Deforestación proyectada bajo el Escenario Moderado al 2025 en superposición con Áreas Protegidas y Territorios Indígenas.

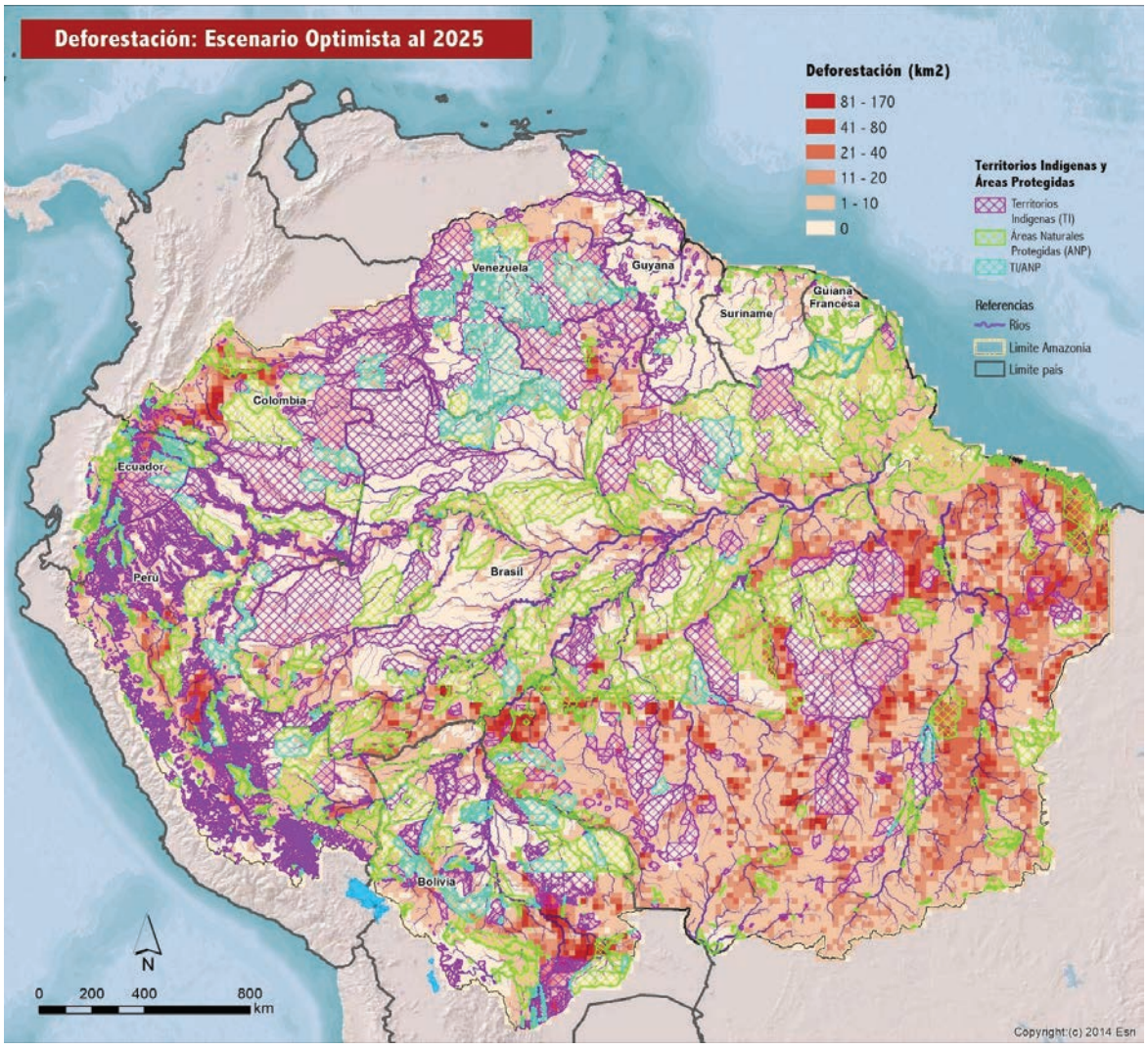


Figura 21. Deforestación proyectada bajo el Escenario Optimista al 2025 en superposición con Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas.

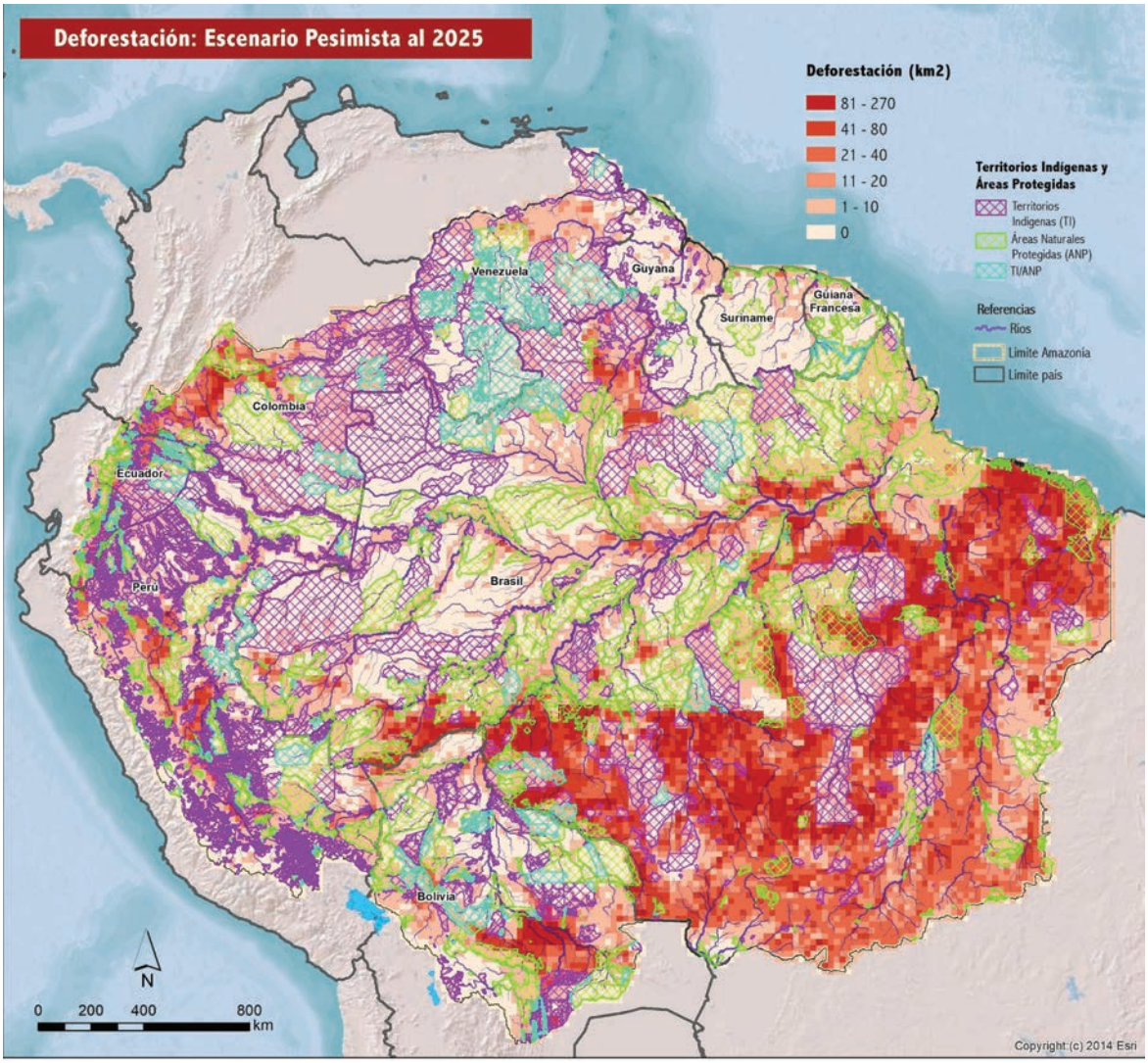


Figura 22. Deforestación proyectada bajo el Escenario Pesimista al 2025 en superposición con Áreas Naturales Protegidas y Territorios Indígenas.

La figura 23, nos muestra la proyección de la deforestación en TI, para un escenario moderado, la deforestación proyectada alcanzaría 11.635 km^2, que sobrepasa todos los valores históricos de deforestación ocurridos en la última década y analizados por quinquenios en este estudio. Para un escenario pesimista 14.223 km^2, como el anterior caso, con valores que sobrepasan las cifras quinquenales del histórico analizado (2001-2020), especialmente del quinquenio con promedios más altos 2016-2020 (10.114 km^2). Para un escenario optimista, se calculó al 2025 una deforestación de 9.047 km^2, un promedio un poco más bajo que el último quinquenio histórico analizado. Las proyecciones no son tan alentadoras, si vemos tanto el escenario moderado como el pesimista, sobrepasan los promedios quinquenales históricos desde el año 2001 y un escenario optimista (Figura 21) está un poco por debajo del último quinquenio (2016-2020) que tuvo la tasa más alta de todo el histórico analizado.

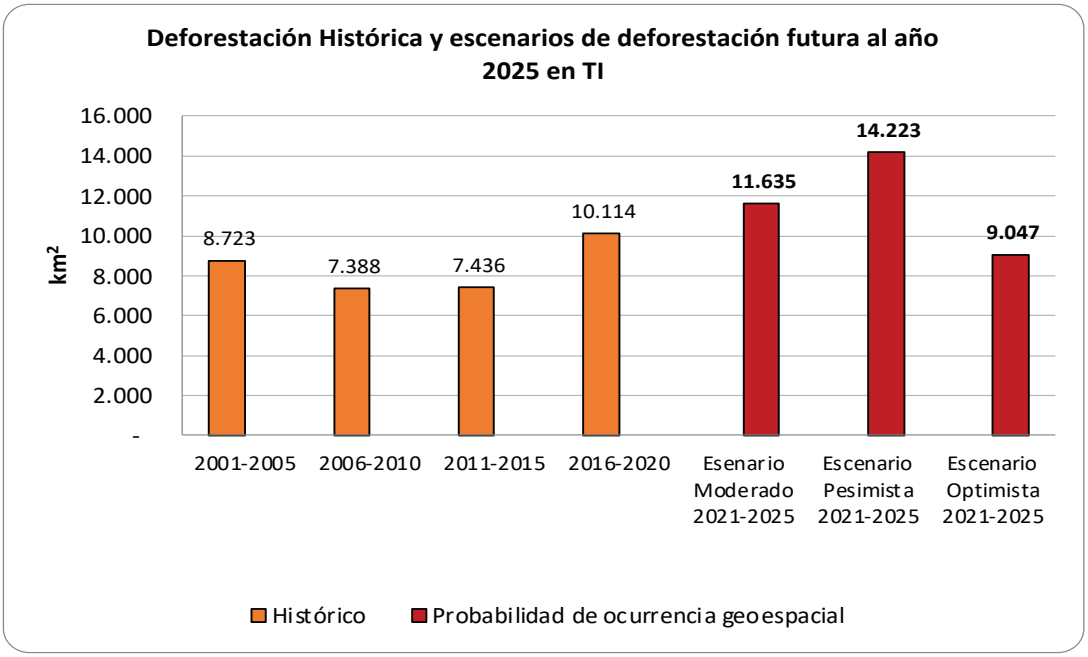


Figura 23. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en Territorios Indígenas.

La situación respecto a las ANP, se observan en la figura 24, la proyección muestra que, en un escenario moderado, la tasa de deforestación estaría en 14.344 km²; valor un poco por debajo de los valores más altos de deforestación ocurridos en el histórico analizado (2001-2020), más específicamente en el quinquenio 2001-2005 (15.159 km²). El escenario pesimista, calcula una deforestación de 18.780 km², sobrepasa las cifras más altas de deforestación ocurridas en las ANP de la región amazónica durante la última década; en un escenario optimista las proyecciones se acercarán a las tasas ocurridas entre el 2006-2010 (9.706 km²) y sobre pasaría la tasa de deforestación ocurrida en el último quinquenio analizado 2016-2020 (12.055 km²).

Figura 24. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 en ANP.

La situación de los escenarios futuros de deforestación fuera de los espacios protegidos TI y ANP, se exponen en la figura 25. Para un escenario moderado, la deforestación fuera de los espacios protegidos TI y ANP, el modelo genera una cifra de 139.743 km^2, misma que supera el histórico de cada uno de los tres últimos quinquenios 2006-2010 (103.224 km^2); 2011-2015 (76.592 km^2); 2016-2020 (82.349 km^2). Para el escenario pesimista, la proyección alcanza a 203.527 km^2, una cifra casi igual al quinquenio 2001-2005 (203.338 km^2), considerado el más alto del histórico analizado.

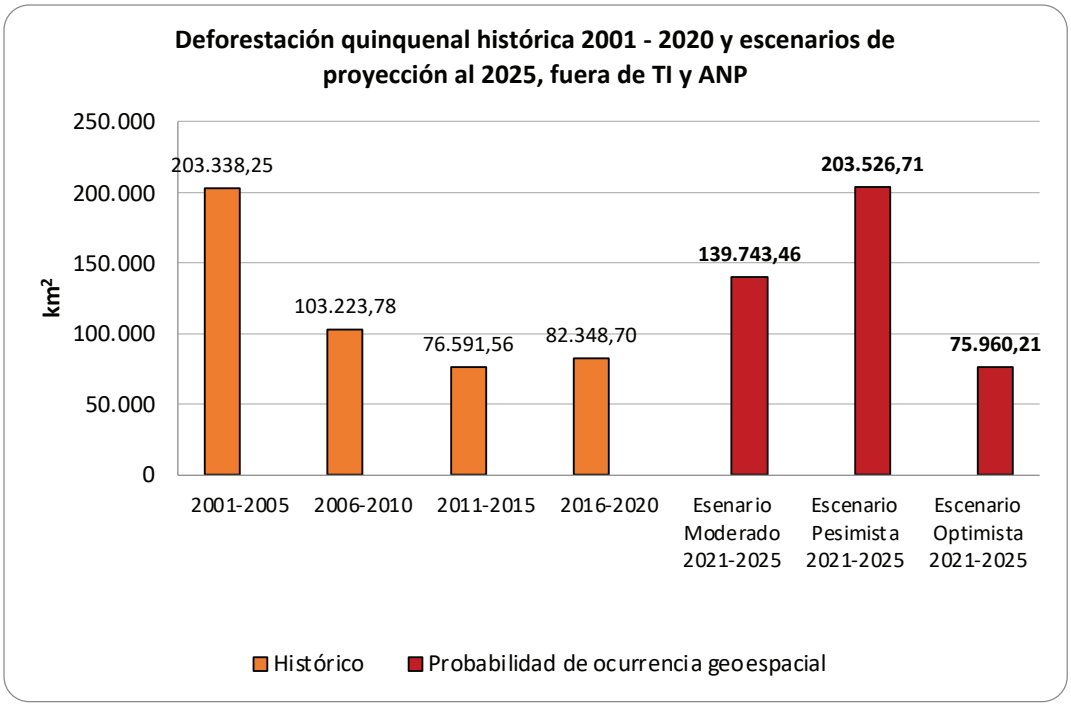


Figura 25. Deforestación quinquenal histórica 2001-2020 y escenarios de proyección al 2025 fuera de TI y ANP.

4.1.3 Tendencias y escenarios de la deforestación por países

Haciendo un análisis por países amazónicos, después de los bosques amazónicos de Brasil con un área total probable de deforestación mayor a 207 mil km^2, se encuentran en riesgo los bosques de Perú que alcanzarían una superficie de pérdida mayor a los 29 mil km^2, le siguen Bolivia (cerca de 28 mil km^2) y Colombia (cerca de 17 mil km^2) de áreas con cobertura boscosa en riesgo. El orden se cambia respecto a la pérdida total de bosque en el periodo 2001-2020, donde después de Brasil se encontraban Bolivia, Perú y Colombia.

Según el escenario optimista, la probabilidad de deforestación entre el 2021 y 2025, estaría en primer lugar Brasil (71 mil km^2), seguido de Bolivia (9 mil km^2), Perú (7 mil km^2) y Colombia (5 mil km^2), entre los países con cifras más altas. Importante resaltar, que solo Ecuador con el escenario optimista alcanzaría una cifra mayor (1,5 mil km^2) a la que se observó en el último quinquenio analizado 2016-2020 (1,3 mil km^2).

En el escenario pesimista, sigue el mismo orden en la posición países, Brasil (205 mil km²), Bolivia (13 mil km²), Perú (9 mil km²) y Colombia (8 mil km²). Con respecto al últimos quinquenios todos los países perderían más de lo que perdieron entre 2016-2020 con excepción de Suriname, país que incluso en un escenario pesimista perdería entre 2021 y 2025, 11 km² menos de los que se perdió entre 2016 y 2020 (Tabla 8).

En el escenario moderado, se sigue manteniendo el orden en la posición países, Brasil (138 mil km²) con 61 mil km² más de lo que alcanzó en el último quinquenio 2016-2020, Bolivia (11 mil km²) con mil km² más de lo que alcanzó en el último quinquenio 2016-2020, Perú (8 mil km²) con 500 km² más de lo que alcanzó en el último quinquenio 2016-2020 y Colombia (6 mil km²), pero con mil km² menos de lo que alcanzó en el último quinquenio 2016-2020. Con respecto al resto de los países, todos perderían entre el 2021 y 2025 más de lo que perdieron entre 2016-2020 con excepción de Guyana Françoise, Suriname y Venezuela, además de Colombia ya citada anteriormente.

Por otro lado, es importante resaltar que solo Brasil con el escenario pesimista alcanzaría el 98% de su área total probable de deforestación, con un total de 205 mil km² de 208 mil km². El resto de los países se encontraría en un porcentaje menor del 50%. Venezuela alcanzaría el 48% y Bolivia el 46% de su área total probable de deforestación.

Tabla 8. Escenarios de proyección de la deforestación por países, con relación a la tasa quinquenal por país.

		Ventana de Análisis Deforestación quinquenal (km²)				Escenarios deforestación (km²) 2021 - 2025 - Tasa País			
País	Superficie	2001-2005	2006-2010	2011-2015	2016-2020	*Total probable	Pesimista	Moderado	Optimista
Bolivia	714.832	11.243	9.891	8.231	9.875	27.955	12.957	10.881	8.805
Brasil	5.238.589	198.343	94.846	69.747	77.096	207.849	204.676	138.066	71.456
Colombia	506.181	5.899	5.162	4.588	7.355	16.502	7.634	6.143	4.652
Ecuador	132.292	1.851	1.657	1.470	1.253	6.173	1.886	1.685	1.483
Guyana	211.157	134	124	67	93	1.365	166	117	68
Guyane française	84.226	80	62	37	59	70	67	51	35
Perú	966.190	8.103	7.421	6.919	7.363	29.648	8.572	7.843	7.115
Suriname	146.523	220	127	123	219	1.725	208	161	114
Venezuela	470.219	871	663	621	769	1.814	871	746	620
Amazonía	**8.470.209**	**226.743**	**119.952**	**91.804**	**104.082**	**293.501**	**237.038**	**165.693**	**94.349**

* Área con una probabilidad de ocurrencia geoespacial de la deforestación superior al 50%

5. Consideraciones finales

5.1 Principales hallazgos

La deforestación en la Amazonía es producto en primera instancia de actividades humanas que eliminan la cobertura boscosa bajo diferentes procesos que varían en magnitud y escalas, como son : ampliación de la frontera agropecuaria, minería e incendios, entre los más sobresalientes. Estas y otras actividades son impulsadas o interactúan en función a otros factores como las políticas de estados, nacionales o sectoriales, que están vinculadas a aspectos socioeconómicos, culturales, políticos institucionales, y últimamente factores de salud pública, entre los más significativos.

El contexto que promueve la deforestación en países amazónicos se resume en las siguientes causas y sus principales impulsores:

- Bolivia: Ampliación de la frontera agropecuaria, incendios forestales. Políticas públicas y presupuestos reducidos para el control y monitoreo.
- Brasil: La expansión de la minería y el récord de incendios. Políticas públicas y presupuestos reducidos para el control y monitoreo.
- Venezuela: Expansión de actividades agropecuarias y minería (principalmente extracción de oro, así como otros minerales estratégicos).
- Perú: Minería aurífera (oro), y agricultura a gran y pequeña escala. Otros drivers invisibilizados como la infraestructura vial no planificada.
- Colombia: Expansión de la frontera agropecuaria, el acaparamiento ilegal de tierras, la apertura de vías y trochas que dan acceso al bosque natural.
- Ecuador: Extracción de madera, habilitación de tierras para agricultura a pequeña escala. Políticas públicas y presupuestos reducidos para el control y monitoreo.
- Guyana: La agricultura, la minería (oro y diamantes) y la industria forestal.
- Guyane française: La minería legal e ilegal en torno al mineral oro.
- Suriname: Los proyectos de extracción de oro legales e ilegales.

El bosque remanente en la Amazonía se constituye en uno de los principales retos de conservación frente a la deforestación. En la figura 26, se expone la dinámica de la deforestación y la proporción de bosque remanente. La deforestación (tonos rojos casi negro) está acosando a las proporciones altas de bosques remanentes (color blanco), donde, cualquier fragmentación o degradación del bosque se convierte en una oportunidad para la deforestación. Los bosques remanentes figuran de color blanco a azules, y la superficie deforestada con tonos rojos a negro. Los tonos azules muestran áreas donde se presenta baja proporción de bosque y una baja presión de la deforestación. Es decir, no se cuenta con bosque que pueda perderse en el futuro. En cambio, tonos rojos muestran áreas con una pérdida importante en una alta proporción de bosque remanente. Esta categoría se encuentra circundando las áreas de color negro donde la deforestación ha dejado muy poco bosque remanente, lo que podría suponer que la frontera entre bosque y no bosque siempre será una de las principales entradas a la deforestación.

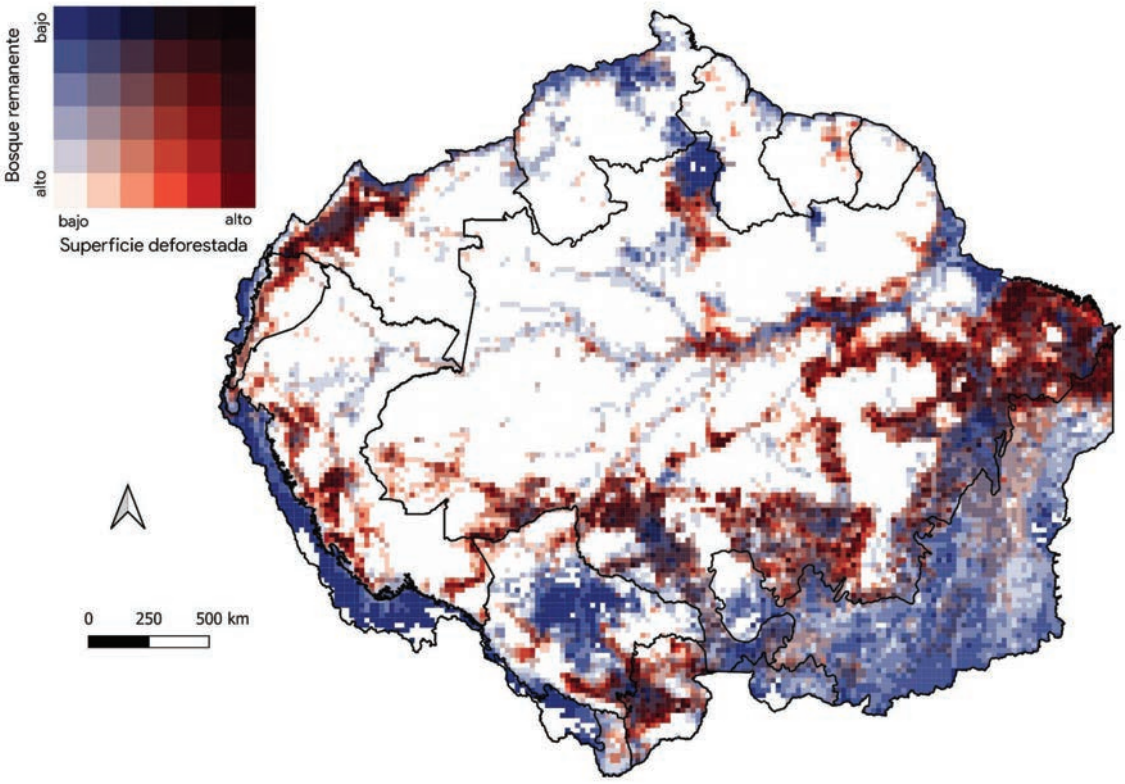


Figura 26. Mapa bivariado del escenario de deforestación y proporción de bosque remanente al año 2025.

En los biomas Andes y Amazonía la deforestación sigue una tendencia progresiva, pero en cambio, en bioma Chaco-Chiquitano, la deforestación se ha incrementado drásticamente. Con base en los resultados del modelo, en los diferentes escenarios de expansión de la deforestación al 2025, se concluye que los bosques de este territorio seguirán fragmentándose paulatinamente, incluyendo Territorios Indígenas y Áreas Naturales Protegidas que están bajo presión permanente.

Respecto a las APN y TI, considerando que cubren casi el 50 % de la Amazonía, siguen siendo barreras establecidas que se mantienen por los amparos jurídicos y sus habitantes, los pueblos indígenas que se han convertido en defensores del territorio. Sin embargo, los escenarios nos muestran que son tan vulnerables de lo que pasa fuera de ellos, que cada vez están más presionados. Si se priorizan las políticas públicas que priman el aprovechamiento de los recursos que guardan estos espacios, la historia será diferente a mediano y corto plazo, y se estaría avanzando hacia el punto de inflexión y no retorno de la Amazonía.

La infraestructura vial es uno de los factores que inicia una serie de perturbaciones en la Amazonía, se evidencia que a mayor desarrollo de infraestructura vial en las tierras bajas de la Amazonía mayor es la eliminación del bosque remanente. Sin embargo, en los Andes y zonas de montaña, la topografía es una barrera natural para la ampliación de la deforestación.

La altitud y pendientes del terreno también influyen en la distribución y magnitud de la deforestación. Los resultados indican que parte de la deforestación en el bioma Amazónico se concentra en tierras bajas, hasta una altitud de 800 msnm, donde el terreno presenta menos obstáculos naturales. En contraposición, en los biomas Andes y Tucumano-Boliviano la deforestación se detecta en el rango altitudinal entre 1.000 a 2.000 msnm, y se caracteriza por conformar áreas pequeñas y medianas dedicadas a la agricultura.

El comportamiento de la deforestación en proximidades de ríos navegables muestra un comportamiento muy similar a la variable de caminos; sin embargo, hay que considerar que hay muchos ríos en la Amazonia que no son navegables, pero que sirven de puente para impulsar la deforestación, especialmente para la extracción de madera ilegal.

Aunque no se analizó la ganadería, como uno de los principales impulsores de la deforestación en muchas regiones de la Amazonía, hay que considerar que ésta creció en un 81% en las últimas dos décadas y es responsable del 84% de la deforestación en la Amazonía.

En conclusión, bajo el modelo de proyección de deforestación aplicado, la deforestación en la Amazonía durante el periodo 2021-2025 comparado con el anterior quinquenio (2016-2020), y bajo un escenario pesimista, la deforestación superaría casi un 130% (237.038 km^2). Esto equivale a una superficie aproximada a todo el territorio del Reino Unido; por otro lado, bajo el escenario moderado, la deforestación aumentaría en casi un 60% (165.693 km^2), lo significaría un área aproximada al territorio del Uruguay, sin embargo, bajo un escenario optimista, la deforestación se reduciría en un 10 % (94.349 km^2), que no es muy significativo.

La recomendación, es activar los controles ambientales para lograr que la deforestación en la región Amazónica se mantenga cercana al escenario Optimista, el cual incorpora situaciones que ya se han dado en la región.

5.2. Perspectivas y consideraciones metodológicas

El abordaje de predicción de la deforestación en este estudio para toda la Amazonía está enfocado en *resaltar las áreas críticas, entendiendo que estas áreas serían sitios de una tasa de deforestación alta y de proporciones de bosque remanente muy bajo.*

En esta primera aproximación, se seleccionó como indicador de los cambios de cobertura a la deforestación y se empleó el algoritmo de Random Forest, con la opción de probabilidad, para identificar las áreas que tienen un alto chance de experimentar deforestación en los próximos años, sobre la base de lo que fue el proceso de deforestación histórico reciente.
Partiendo de las grillas de 20 km por 20 km, se calcularon diferentes atributos que reflejan la deforestación ocurrida en cada año entre el periodo del 2001 al 2020, otros atributos guardan la suma de periodos de deforestación, que reflejan el comportamiento y trayectoria de la deforestación a lo largo de los últimos 20 años.

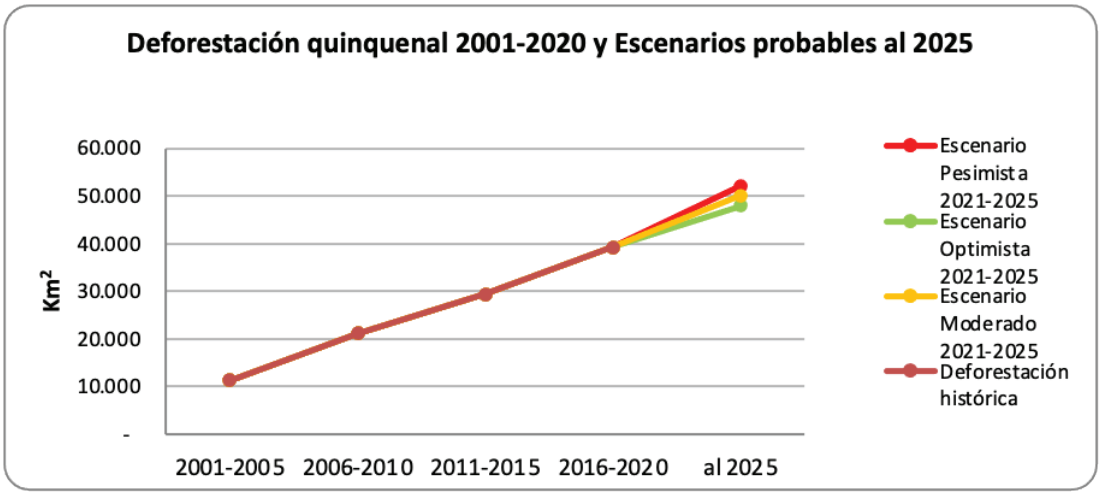
5.3 Consideraciones sobre la aplicabilidad del modelo

Se recomienda seguir explorando en la estimación y proyección de la deforestación, sobre la base de otras experiencias de modelaje o enfoques para abordar los factores claves de la deforestación en la Amazonía. Para ello se requerirá de mayores esfuerzos por países para documentar espacialmente las variables y atributos que permitan hacer estudios futuros más robustos que orienten con mayor exactitud las tendencias e impulsores de la deforestación, pero ante todo que sea de utilidad pública para hacer incidencias efectivas a favor de la conservación de la Amazonía.

6. Anexos

6.1. Gráficos de escenarios de deforestación 2021-2025 por países, considerando la deforestación histórica 2001-2020.

Bolivia



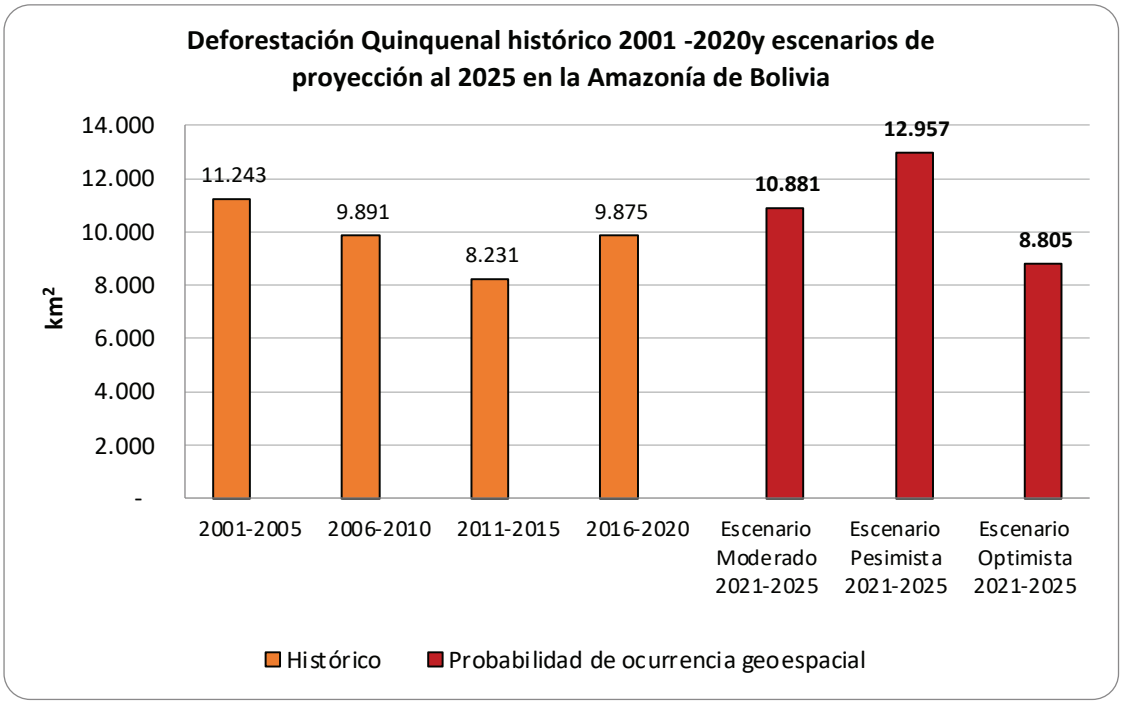
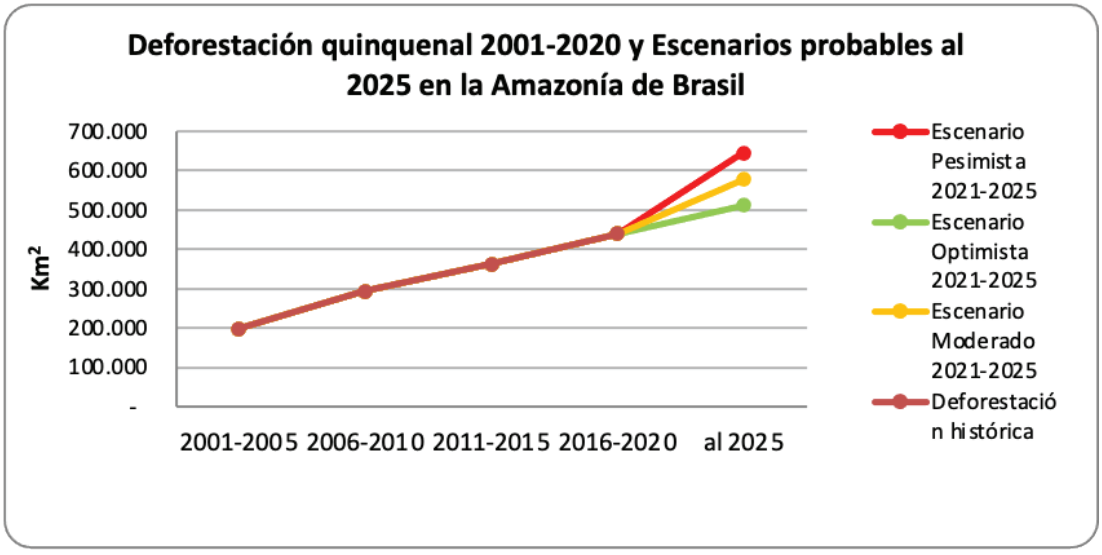


Figura 27. Escenarios de deforestación en la Amazonía boliviana 2021-2025

Brasil



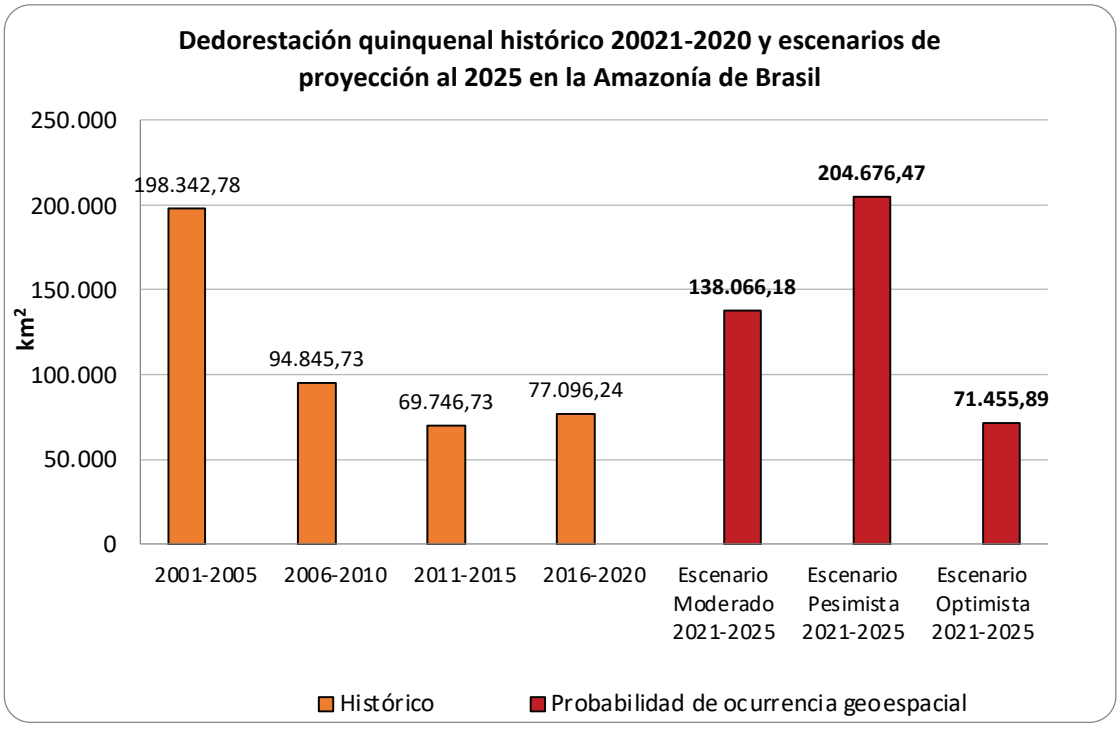
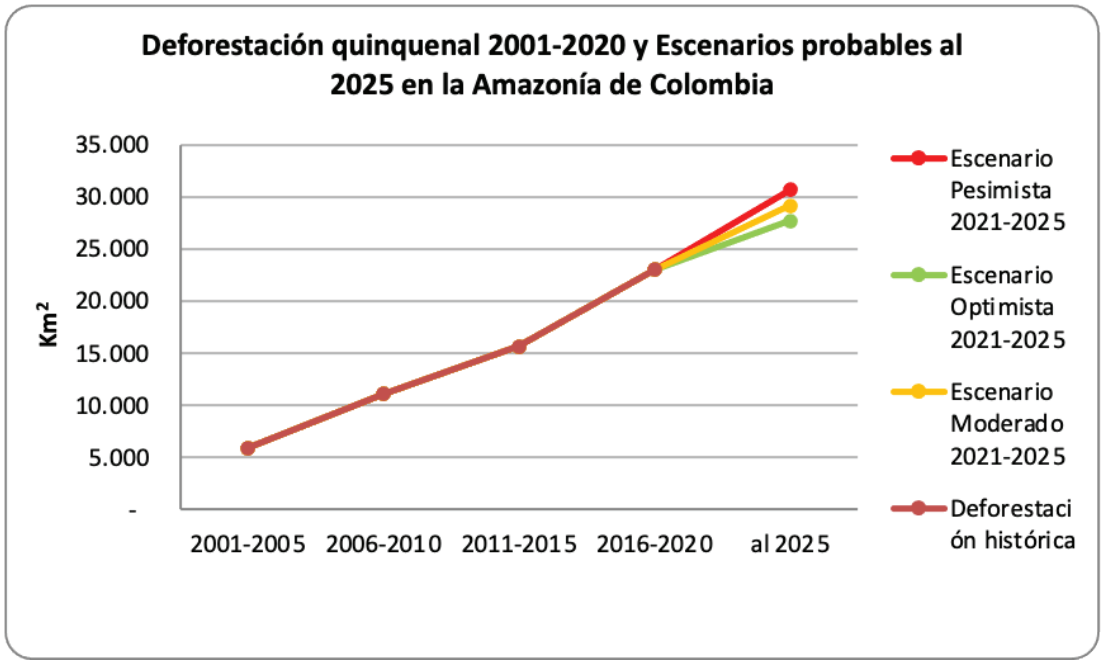


Figura 28. Escenarios de deforestación en la Amazonía brasileña 2021-2025

Colombia



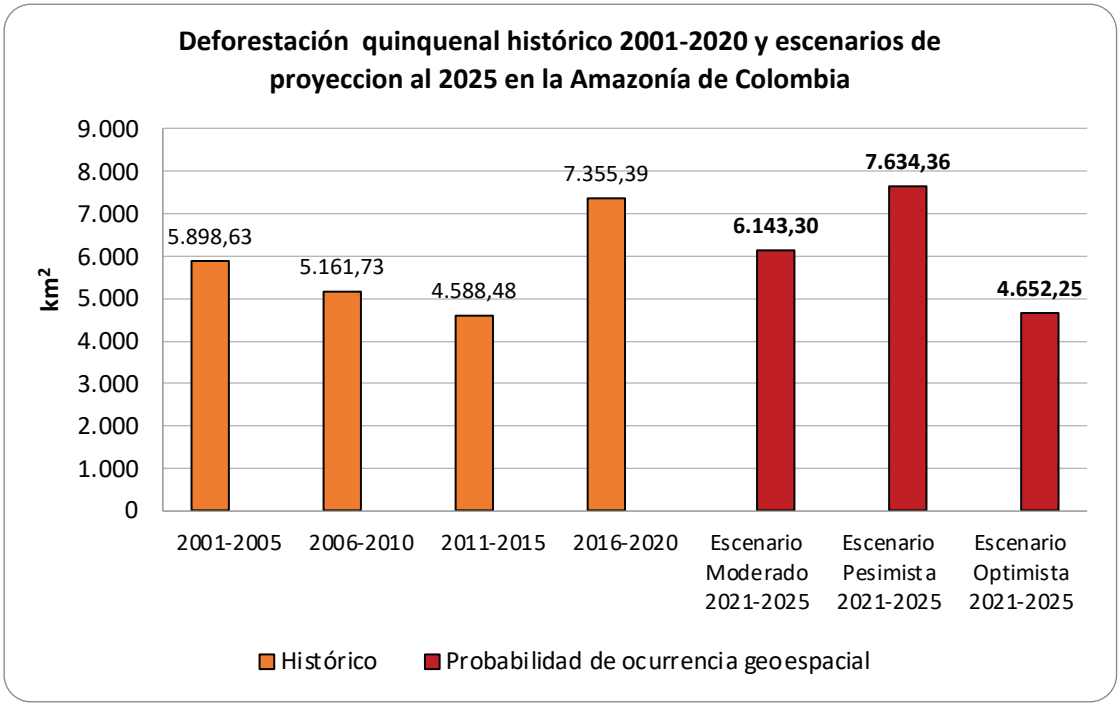
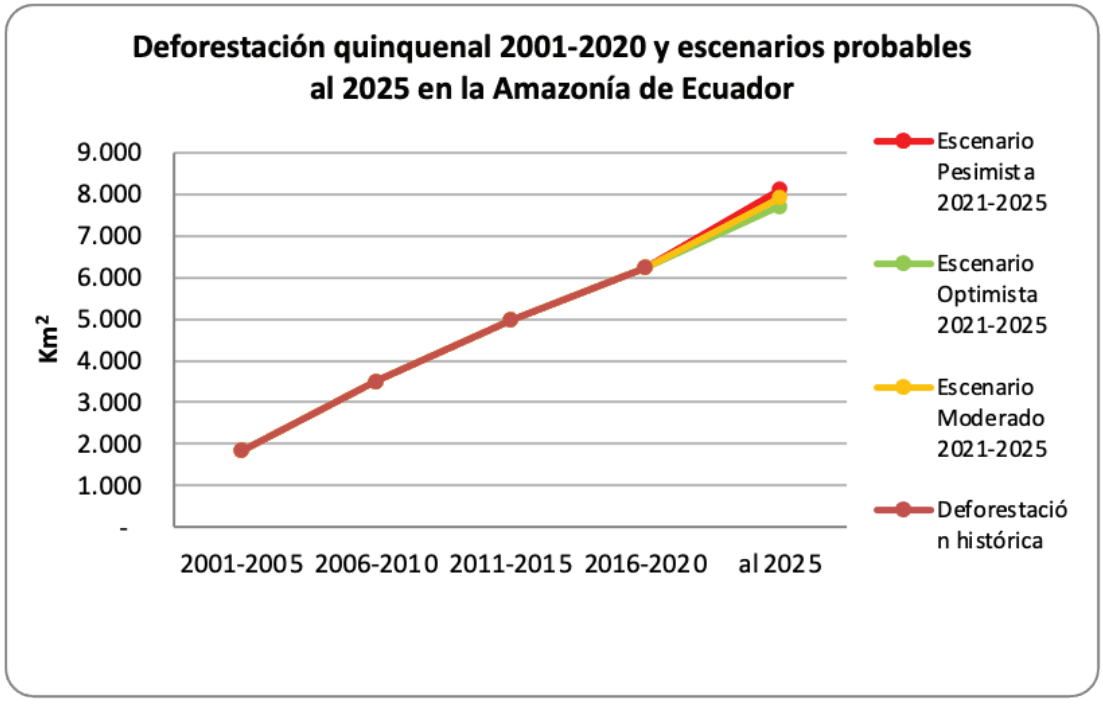


Figura 29. Escenarios de deforestación en la Amazonía colombiana 2021-2025

Ecuador



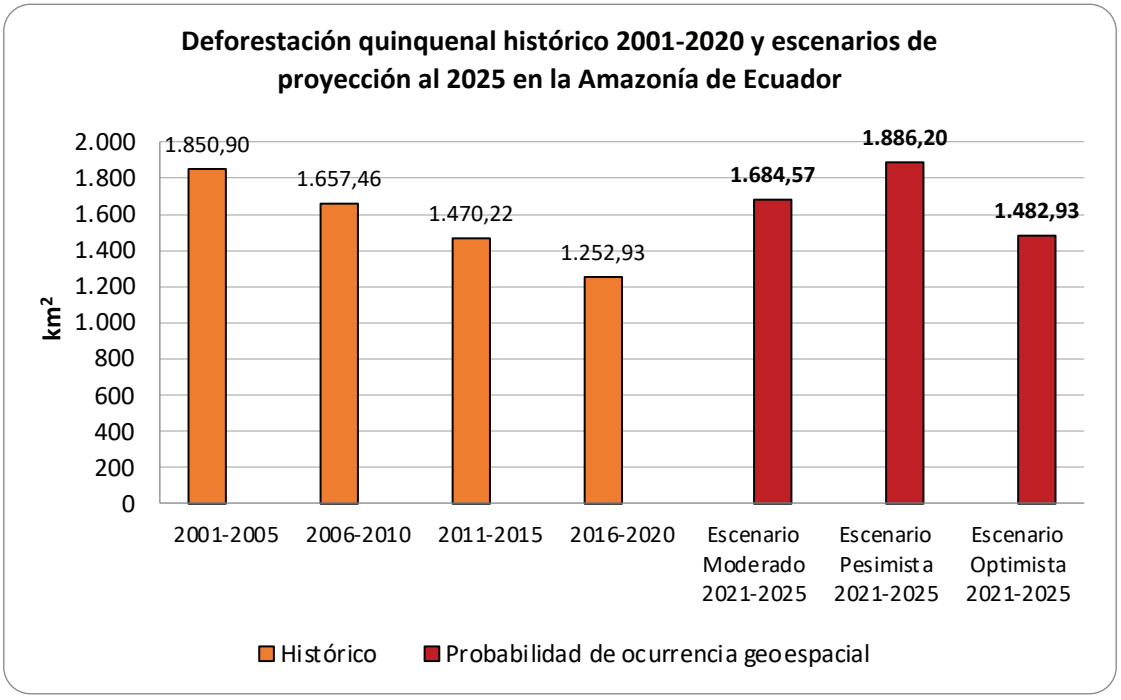
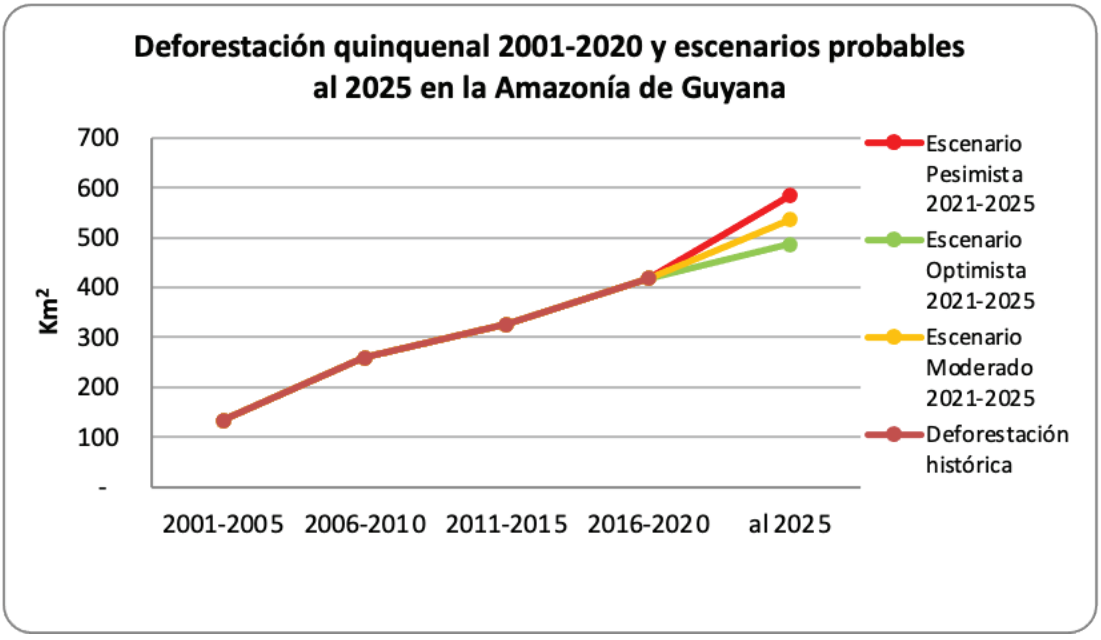


Figura 30. Escenarios de deforestación en la Amazonía ecuatoriana 2021-2025

Guyana



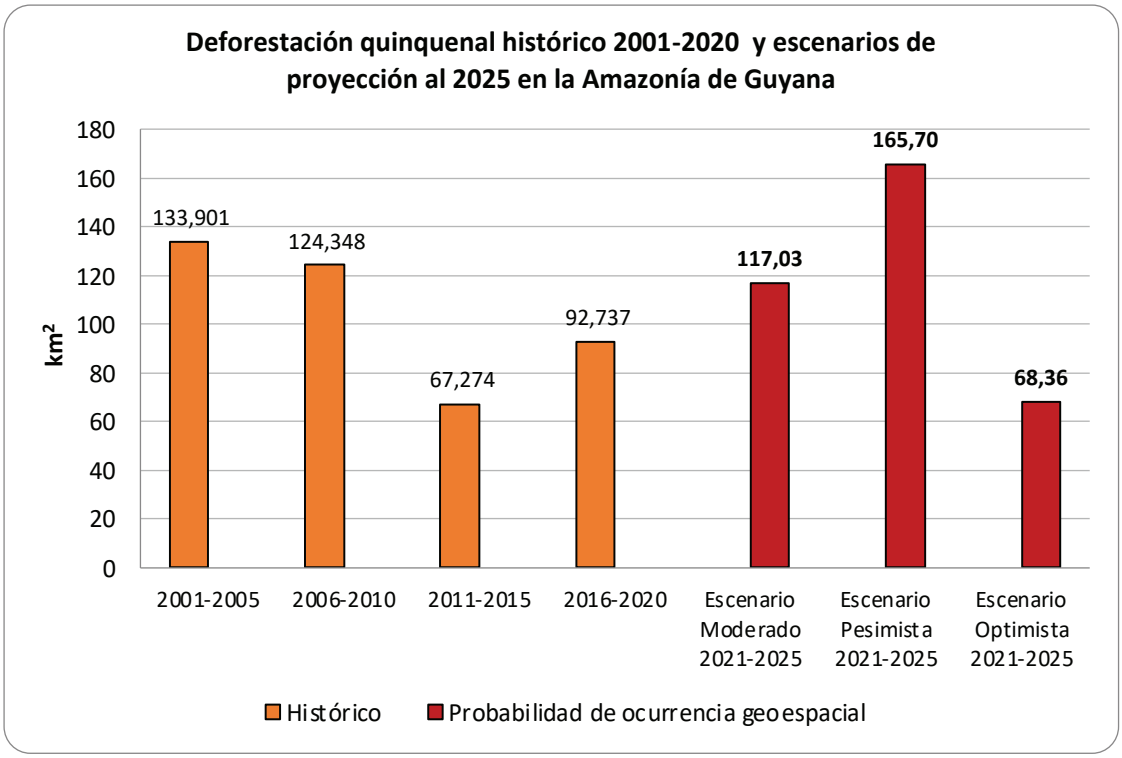
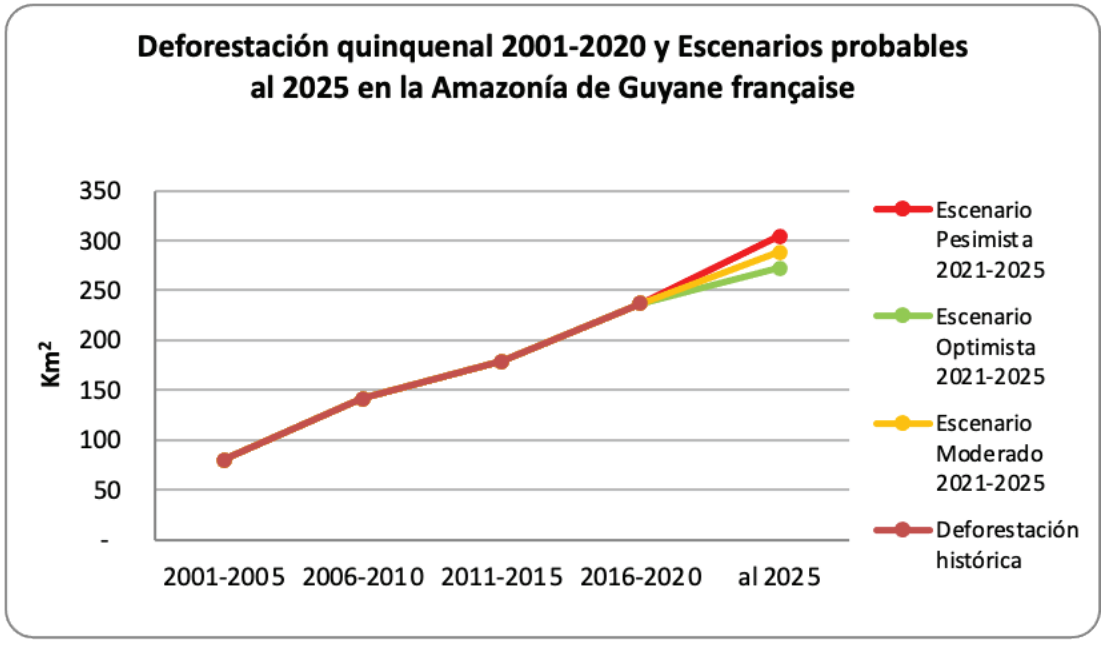


Figura 31. Escenarios de deforestación en la Amazonía guyanesa 2021-2025

Guyana Francesa



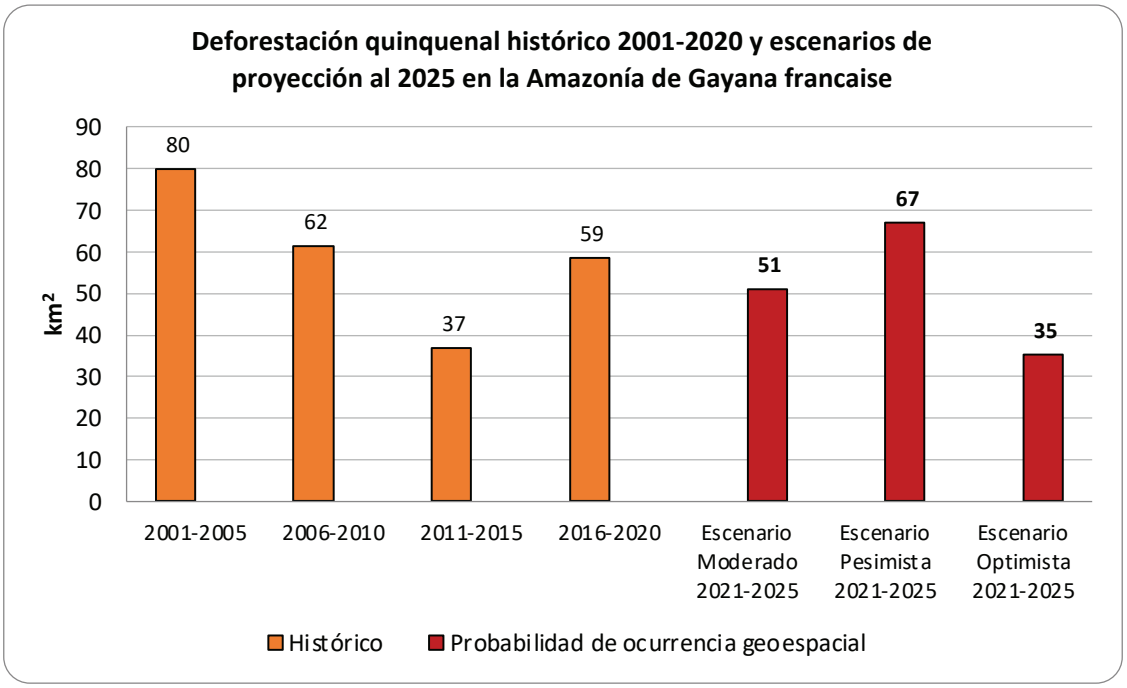
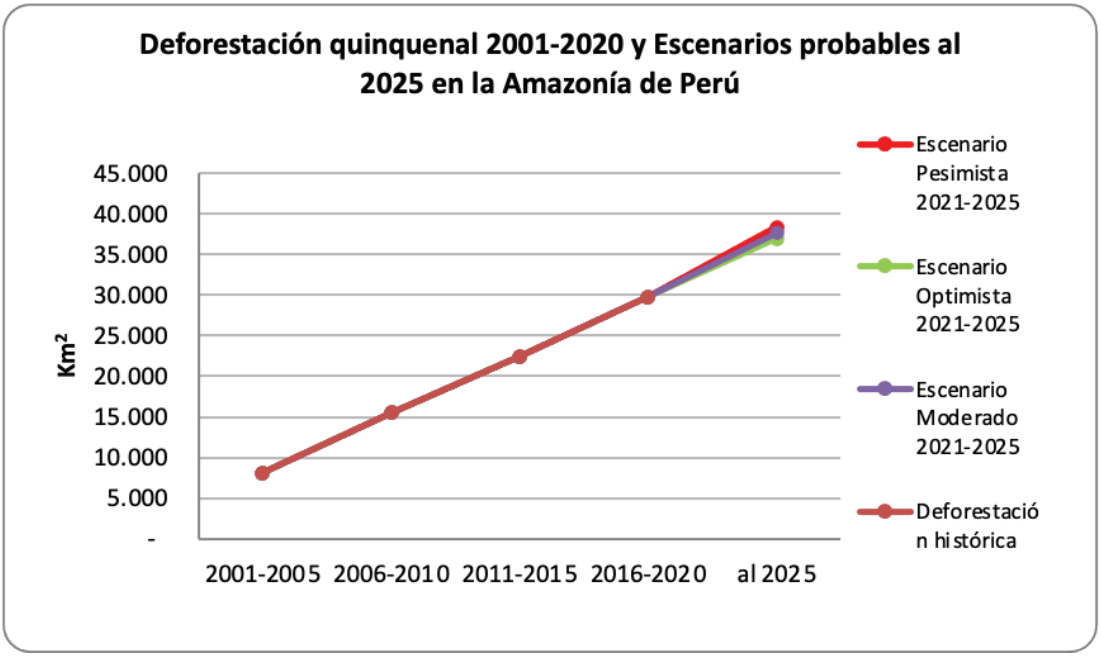


Figura 32. Escenarios de deforestación en la Amazonía guyanesa francesa 2021-2025

Perú



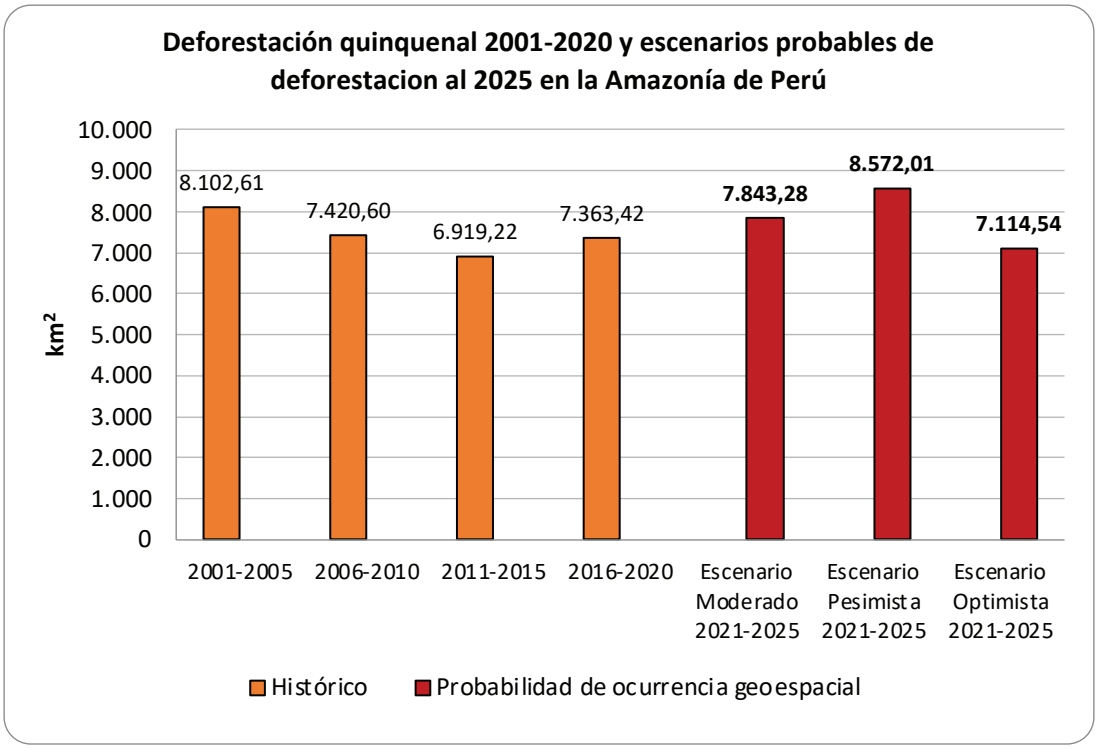
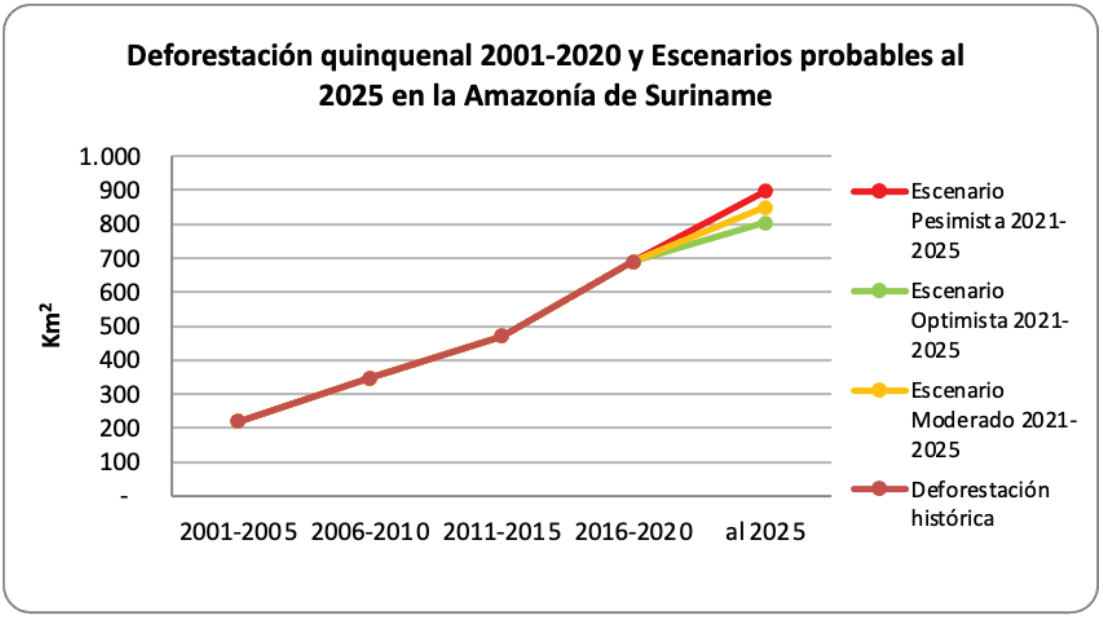


Figura 33. Escenarios de deforestación en la Amazonía peruana 2021-2025

Surinam



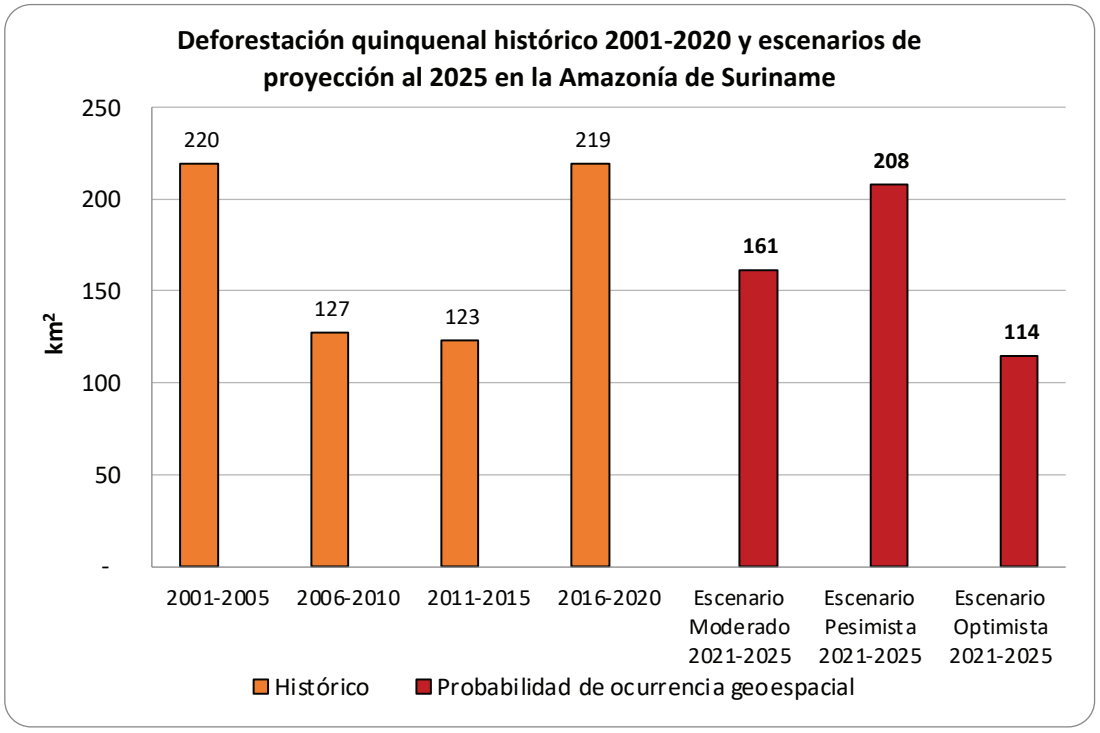
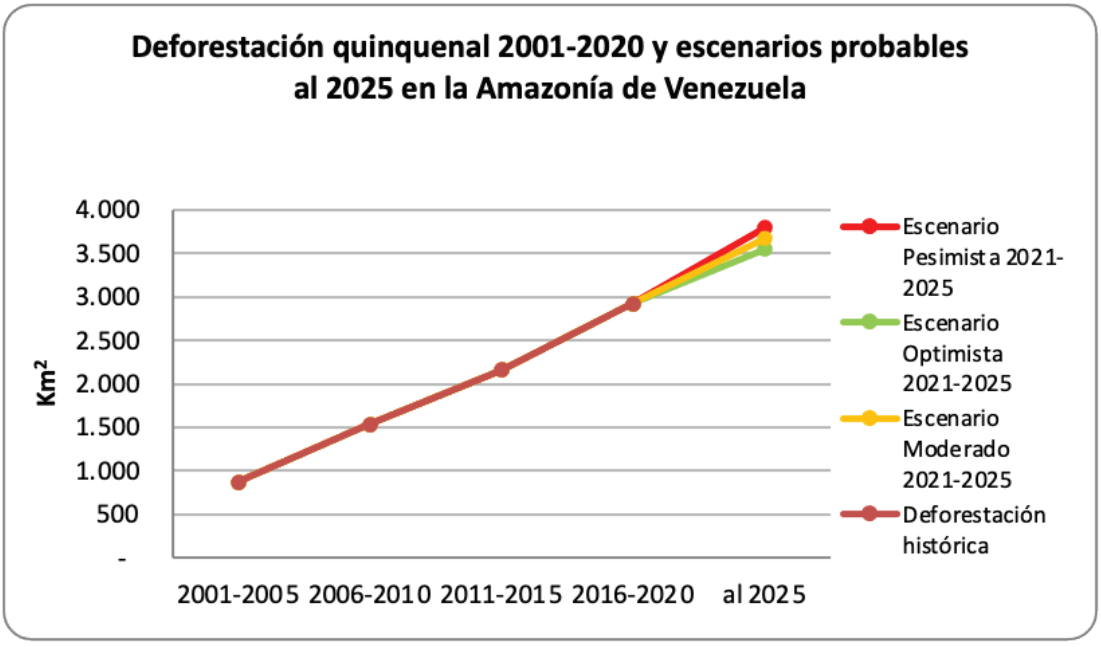


Figura 34. Escenarios de deforestación en la Amazonía de Surinam 2021-2025

Venezuela



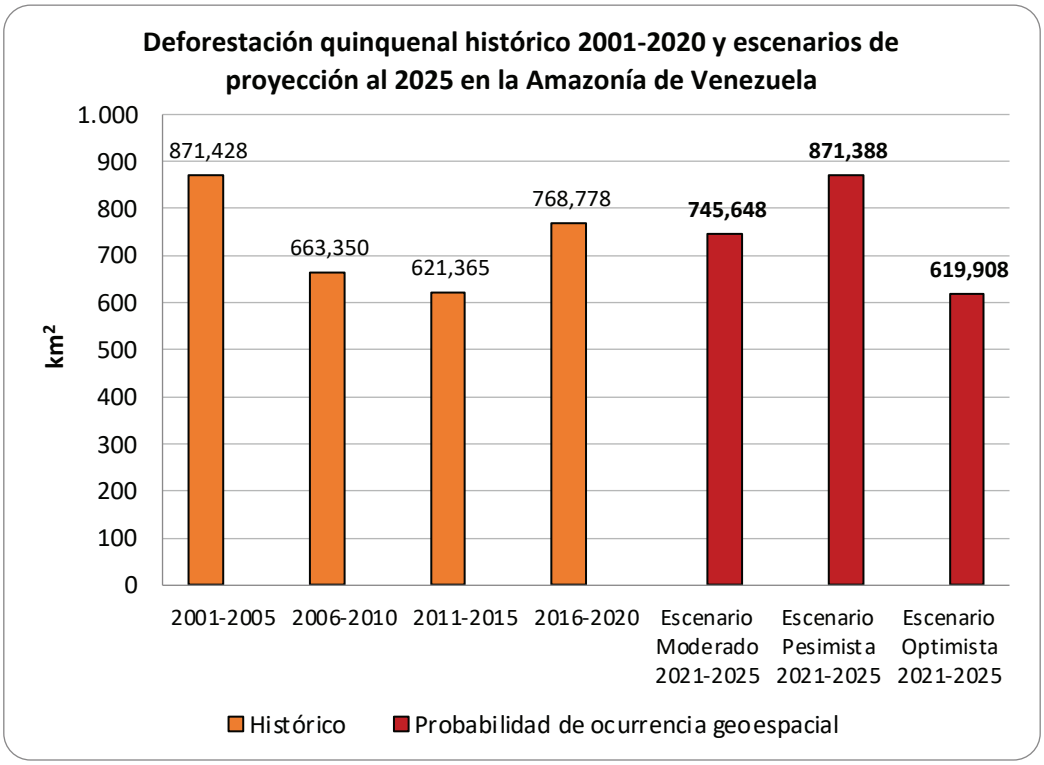


Figura 35. Escenarios de deforestación en la Amazonía venezolana 2021-2025

6.2. Estudios de caso por país

El principal objetivo del estudio de casos es identificar y analizar las actividades que están causando de manera directa y/o indirecta la deforestación y estimar su impacto en los bosques de la Amazonía; el análisis a esta escala permite mejorar la información existente en el país, en particular sobre los factores que han determinado los diferentes escenarios de deforestación basados en la acumulación de la superficie deforestada de los últimos cuatro años (2016 al 2020) para generar un modelo Moderado al 2025.

Cada país a identificado un espacio de su territorio que le permite explicar la dinámica existe para los periodos 2003, 2007, 2010, 2012, 2016 y 2019, plasmando esta información en el modelo de escenarios de deforestación para cada uno de ellos, lo cual le permite ir describiendo cuales han sido los factores/ variables que han propiciado la deforestación en estos últimos 20 años, con características propias tanto físicas como sociales.

Si bien se observa como principal factor de la deforestación, está el avance agropecuario en especial la agricultura, pero también se observa el incremento de áreas de cultivo para forraje de ganado y cultivos ilícitos; seguidamente está la expansión de la infraestructura vial y minería, siendo esta última una actividad que no solo deforesta sino también está contaminando el agua de los ríos y lagunas.

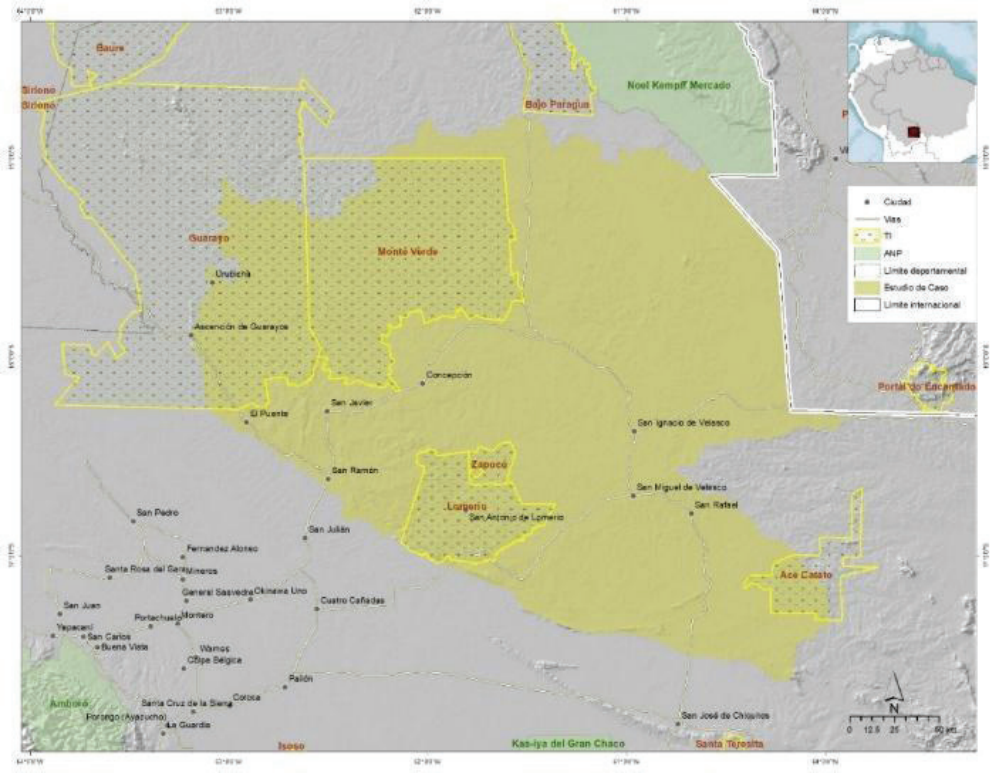
6.2.1. Estudio de Caso Bolivia: Territorio Chiquitano

El estudio de caso se encuentra ubicado en la región Chiquitana, del Departamento de Santa Cruz, en las tierras bajas de Bolivia. Comprende los municipios de San Miguel de Velasco, San Ignacio de Velasco, Concepción, San Javier, San Antonio de Lomerío, San Ramón y fracciones de los municipios de Urubicha, Ascensión de Guarayos, El Puente, San Rafael y San José de Chiquitos; también como parte de este territorio abarca las siguientes áreas protegidas: Copaibo, Laguna Marfil, San Rafael, Laguna Concepción, Orquídeas del Encanto, Represa Sapoco; y los siguientes Territorios Indígenas: Monte Verde, Guarayos, Lomerío, Zapoco y Acer Catato. Su vocación productiva forestal y desarrollo del turismo en esta región han coadyuvado en la conservación de su naturaleza por muchos años.

Hasta el año 2005 no se evidenciaban mayores cambios en su paisaje natural, pero en los años siguientes por la apertura de vías, se evidenció una transformación, hacia territorios agropecuarios, como resultado presenta los mayores índices de deforestación, causados por la ganadería principalmente. Este crecimiento, se debe primeramente por la demanda de la creciente población en centros urbanos, como la ciudad de Santa Cruz[1], y posteriormente la demanda interna. Inicialmente el abastecimiento para la ganadería provenía de pastos naturales, gradualmente complementada por una creciente producción en áreas agrícolas abandonadas y luego también en áreas boscosas directamente convertidas para la ganadería, en algunos casos con incentivos del Gobierno[2].

[1] Pacheco P. 2006a. Agricultural expansion and deforestation in lowland Bolivia: the import substitution versus the structural adjustment model. Land Use Policy 23: 205-225.
[2] [CEDLA] Centro de estudios para el desarrollo laboral y agrario. 2011. Producción de carne bovina en Bolivia y seguridad alimentaria. Control Ciudadano 18.

Esta conversión de bosques a pastos para la ganadería ha causado más del 50% de la deforestación entre los últimos años, la agricultura mecanizada, asociada principalmente a la producción de soya, ha sido responsable de un 30% de la deforestación, mientras que la contribución de la agricultura a pequeña escala corresponde al 20%, en especial estos últimos años, según Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra - ABT[3] . Figura 1



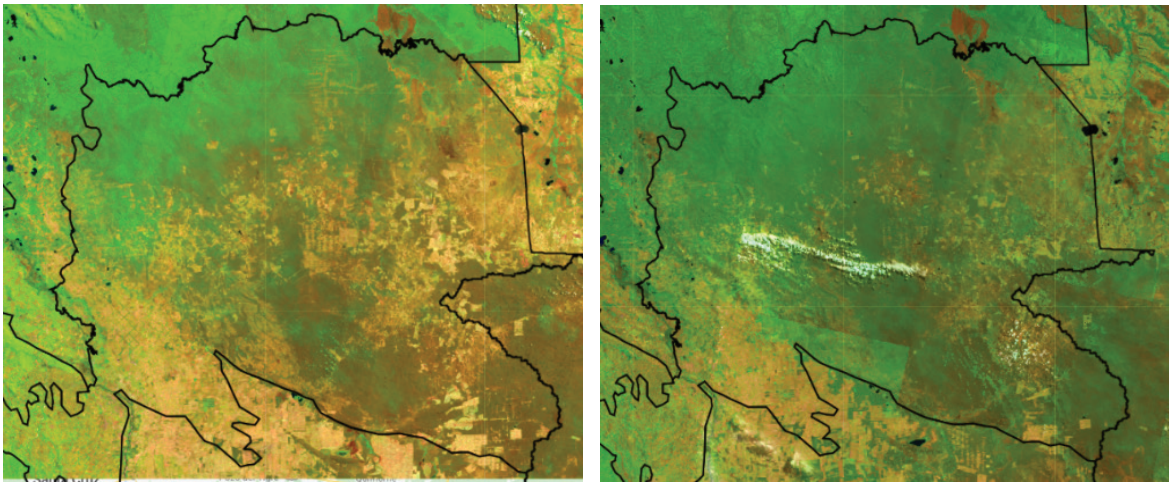


Figura 36. Avance de la deforestación. De izquierda a derecha 2013 y 2020

[3] https://www.revistanomadas.com/el-54-de-la-deforestacion-en-san-ignacio-corresponde-a-desmontes-sin-autorizacion/ (revisado en diciembre de 2021)

Se debe aclarar, que las causales para la aceleración de la deforestación en esta zona, no solo se dieron por la expansión de la frontera agrícola y ganadera de parte del sector agropecuario, también se debe a la creación de las nuevas colonizaciones o comunidades, que realizan los desmontes para desarrollar agricultura de subsistencia y en la mayoría de los casos con fines comerciales. De acuerdo con estudios de la organización Fundación Tierra, a partir de 2014 se han asentado en Santa Cruz -principalmente en la Chiquitania- 1.400 comunidades nuevas, y todas han demandado tierras ante el Instituto Nacional de Reforma Agraria (INRA). "Se calcula que ya se trasladaron desde tierras altas hacia la Chiquitania, unas 200 mil personas, en un territorio que no supera los 80 mil habitantes originarios. Agregar también que los cultivos de soya son los que más se han incrementado en gran parte de los municipios chiquitanos", según Autoridad de Fiscalización y Control Social de Bosques y Tierra - ABT[4].

A la dinámica existente en esta zona, se debe agregar los cambios en los ecosistemas, la precipitación y la temperatura ocasionando alteraciones en las últimas cuatro décadas, que derivan en islas de calor, en los sitios deforestados o donde no existe cobertura vegetal[5]. Según lo observado en el modelo, esta actividad seguirá incrementando debido a las presiones existentes, que se agravan con las quemas e incendios forestales ocurridos en 2020 y 2021, por la apertura de áreas para la actividad ganadera.

Muchas de las zonas deforestadas identifican como una de las mayores presiones a su territorio cuando se inician la apertura de vías o caminos y la población crece desarrollando nuevos centros poblados, a su vez la otorgación de derechos para la extracción maderera y minera, son estas actividades que, si bien no generan grandes transformaciones en el paisaje natural, genera impactos por la apertura de vías de acceso y por el desarrollo de actividades conexas.

Otra fuente de presión son las quemas, donde al menos el 20% de las tierras quemadas durante el incendio de la Chiquitania eran de empresas agropecuarias de zonas ganaderas. Muchas de ellas con extensiones superiores a las permitidas en la Constitución Política, cuyo límite máximo es de 5.000 hectáreas. Según las observaciones de la Fundación Tierra (2019), parte significativa de los incendios del 2019 ocurrieron en zonas de ampliación de la ganadería extensiva, en zonas adyacentes a la frontera con Brasil[6].

[4] https://www.revistanomadas.com/el-54-de-la-deforestacion-en-san-ignacio-corresponde-a-desmontes-sin-autorizacion/ (revisado en diciembre de 2021)
[5] Fundación Amigos de la Naturaleza. 2019. El cambio de uso de suelo y sus efectos actuales y futuros en el municipio de San Ignacio. Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
[6] Centro de Documentación e Información Bolivia, CEDIB. Los incendios en la Chiquitanía en el 2019.

Figura 37. El territorio de la Chiquitanía chaqueado y quemado. Fuente: Luis Borda, CEDIB. Izquierda: Ganadería en la zona chiquitana. Fuente: FEGASACRUZ

Con base en los resultados del modelo, en los diferentes escenarios de expansión de la deforestación al 2025, se concluye que los bosques de este territorio seguirán fragmentándose paulatinamente, incluyendo TI y áreas protegidas que están bajo presión permanente. Figura 36

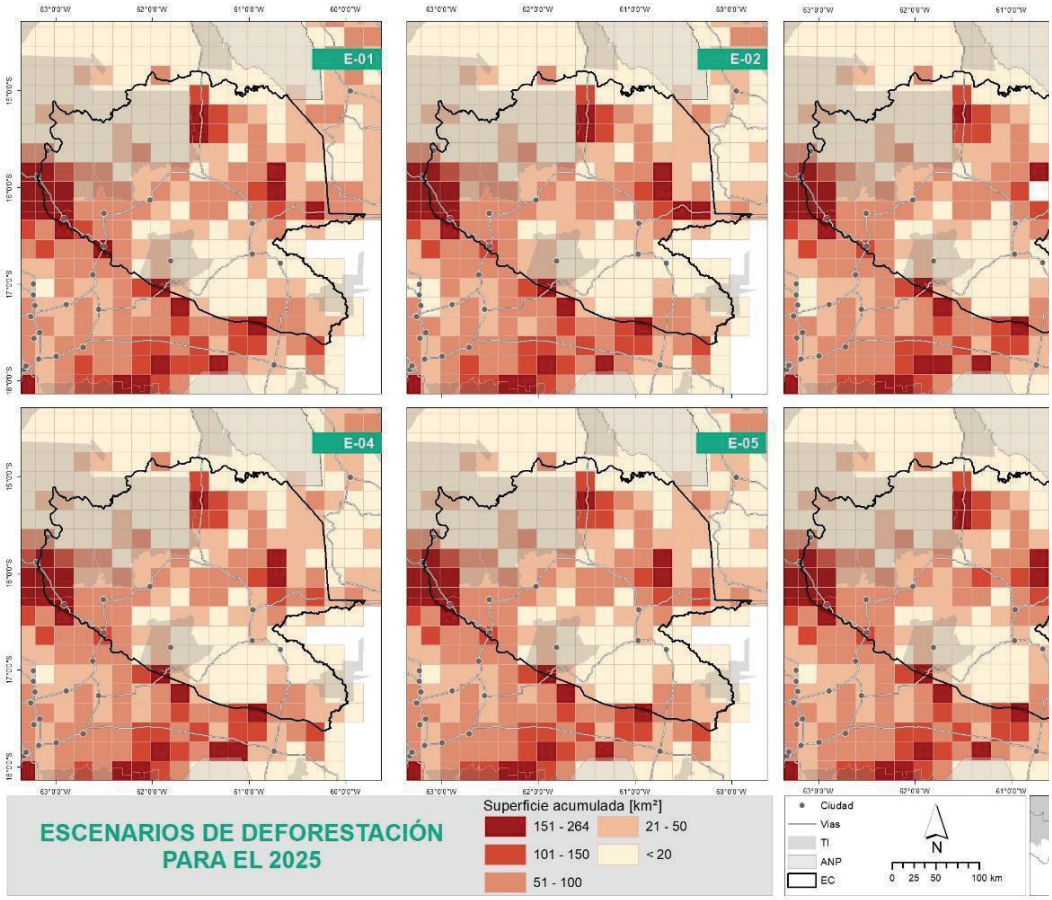
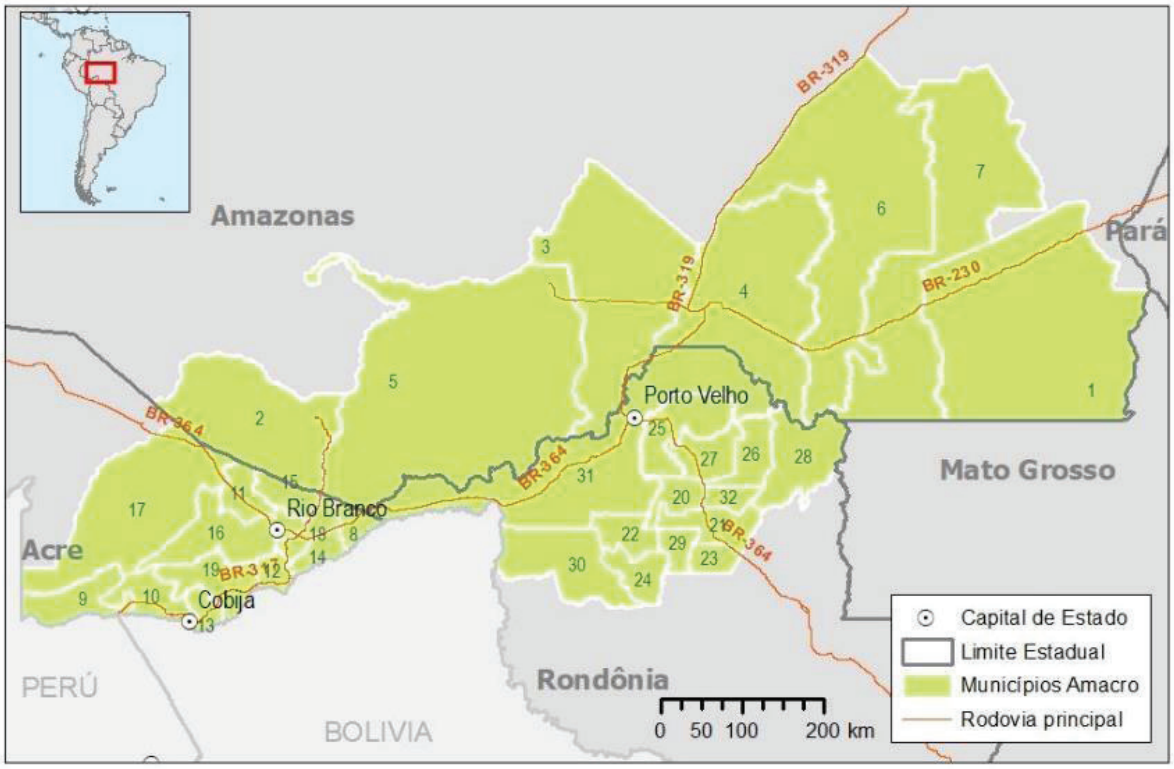


Figura 38. Modelo de probabilidad de deforestación - Chiquitania

6.2.2. Estudio de Caso Brasil: Nueva frontera de expansión agropecuaria en la Zona de Desarrollo Sostenible Sustentable (ZDS), Abuná Madeira.

La Zona de Desarrollo Sostenible Abuná-Madeira (ZDS) representa el más reciente frente de expansión de la frontera agrícola brasileña sobre el bioma amazónico. Bautizado inicialmente con la sigla "Amacro", abarca 32 municipios (Figura 1), ubicados en el sur de Amazonas ("Am"), este de Acre ("ac") y noroeste de Rondônia ("ro"). Con una superficie de 454.220 km², equivale a 10 veces el territorio del Estado de Río de Janeiro.



Amazonas	Acre		Rondônia	
1. Apuí	8. Acrelândia	15. Porto Acre	20. Alto Paraíso	27. Itapuã do Oeste
2. Boca do Acre	9. Assis Brasil	16. Rio Branco	21. Ariquemes	28. Machadinho D'Oeste
3. Canutama	10. Brasiléia	17. Sena Madureira	22. Buritis	29. Monte Negro
4. Humaitá	11. Bujari	18. Senador Guiomard	23. Cacaulândia	30. Nova Mamoré
5. Lábrea	12. Capixaba	19. Xapuri	24. Campo Novo de Rondônia	31. Porto Velho
6. Manicoré	13. Epitaciolândia		25. Candeias do Jamari	32. Rio Crespo
7. Novo Aripuanã	14. Plácido de Castro		26. Cujubim	

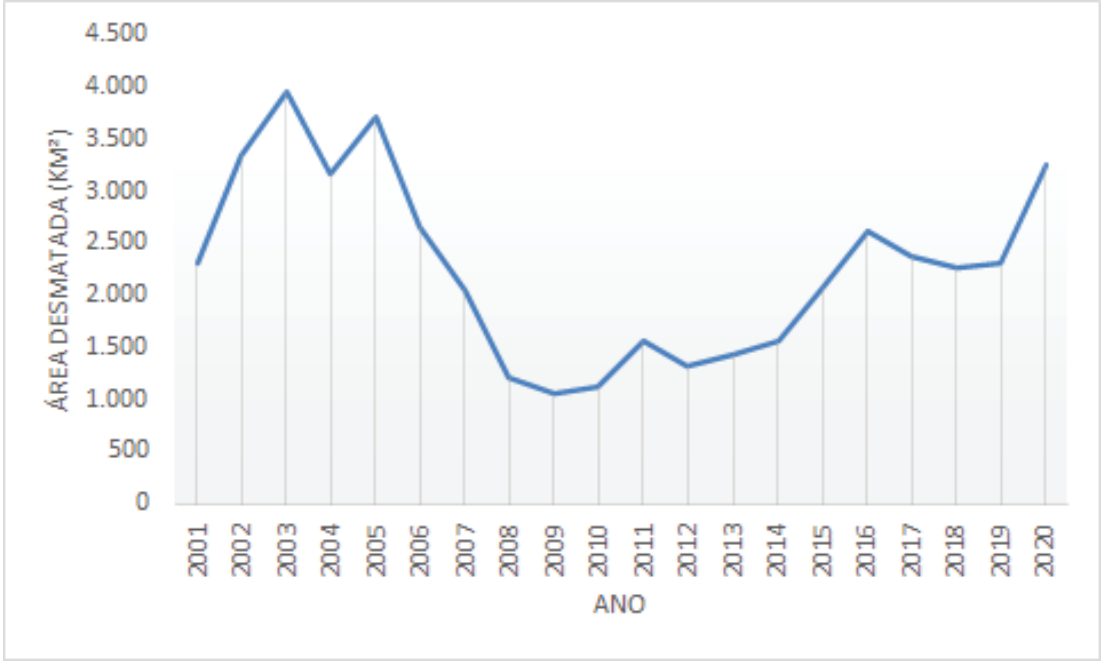
Figura 39. Ubicación de los municipios en la ZDS Abunã-Madeira (anteriormente "Amacro")

El proyecto comenzó a ser diseñado por ruralistas en 2019, obtuvo el apoyo de los gobiernos estatales y, en diciembre de 2021, entró en el ámbito de las acciones oficiales del gobierno federal. Se presenta como “un conjunto de acciones multisectoriales encaminadas a promover la sostenibilidad ambiental a través del desarrollo socioeconómico de las zonas donde se ubicará” .

Sin embargo, en la práctica, el proyecto llega tarde y ha mostrado poca relevancia ambiental, a favor de la implementación de una estrategia basada en la expansión de la agricultura y ganadería en moldes depredadores. La región es, de hecho, un nuevo frente de deforestación, acaparamiento de tierras y conflictos por la tierra en la Amazonía brasileña.

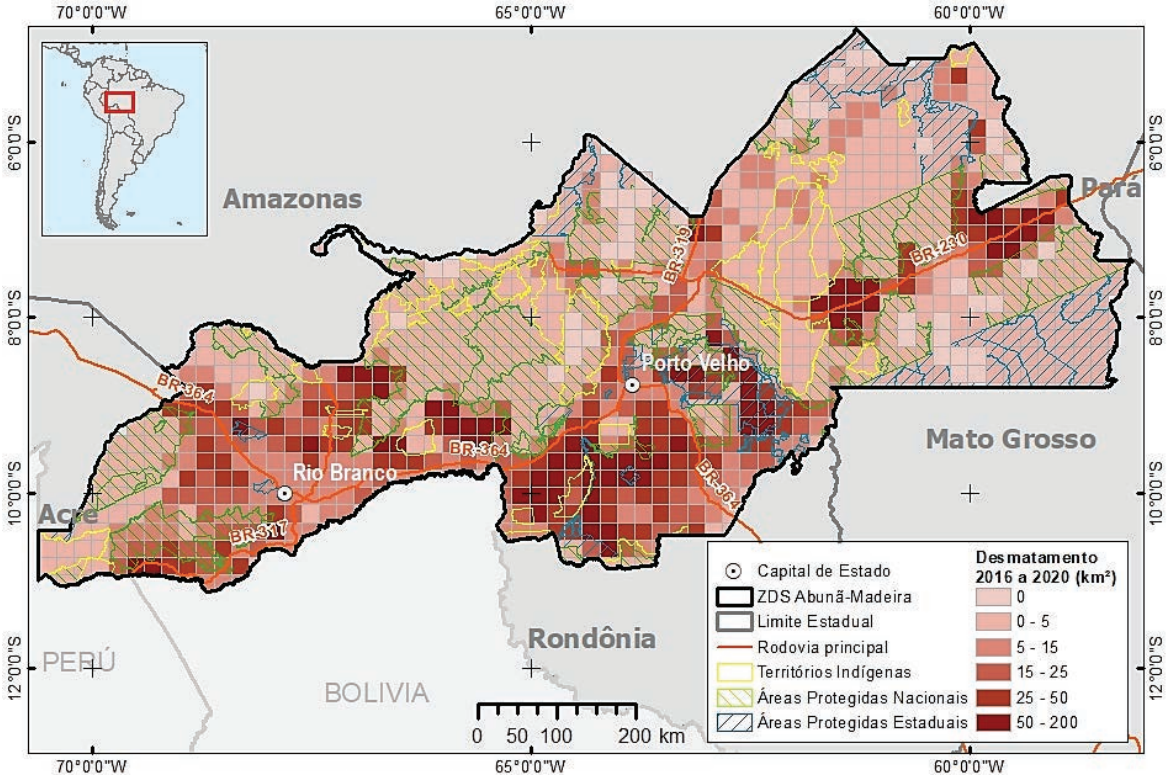
De 2001 a 2020, la deforestación en los 32 municipios totalizó 45.399,15 km², o más que todo el estado de Río de Janeiro (Figura41). Más del 28% de esta deforestación ocurrió entre 2016 y 2020 (12.808,69 km²), y sigue una trayectoria de crecimiento (Figura 40).

En la ZDS existen 93 Áreas Naturales Protegidas (33 nacionales y 60 estatales) y 49 Territorios Indígenas, concentrados principalmente en la porción norte de la región, en los municipios de Amazonas. Forman un mosaico en dirección este-oeste (Figura 41), totalizando 4.446,49 km², sin tener en cuenta las superposiciones/áreas comunes. De este total, Áreas Naturales Protegidas de uso indirecto cubren 61.860,55 km², Áreas Naturales Protegidas de uso directo 137.234,26 km² y Territorios Indígenas 54.914,13 km². El avance de la deforestación sobre Áreas Protegidas y Territorios Indígenas ocurre con mayor intensidad en los municipios de Rondônia y Acre dentro de la ZDS, como también se puede ver en el mapa de la Figura 41.



Fuente: Datos de deforestación: Raisg, 2021 (Colección 3).

Figura 40. Trayectoria de deforestación en la ZDS Abunã-Madeira



Nota: cada cuadrado corresponde a un área de aprox. 400 km²

Figura 41. Deforestación en el ZFS en los últimos cinco años

Las propiedades rurales de la región inscritas en el Registro Ambiental Rural (CAR) señalan el contexto de irregularidad y descontrol vinculado a la expansión del agronegocio en la región. Había 82.644 predios rurales registrados hasta el 31 de diciembre de 2020, con varios traslapes, totalizando 248.642,49 km², más de la mitad del área total de la ZDS. Solo 160 propiedades tuvieron sus datos validados después del análisis por parte de las autoridades, de acuerdo con la ley 12.651/2012. Así, el 99,81% de los inmuebles registrados no tienen acreditada su regularidad ambiental por el gobierno.

La mayoría de los registros CAR (72%) corresponden a predios con más de 1.000 hectáreas (Figura 42). Hay 2.316 registros que suman 179.825,19 km². En la práctica, es el gran productor será el principal beneficiario de la ZDS. La deforestación en este grupo también es una de las más grandes: en el período de 2016 a 2020 se deforestaron 2.829,45 km². Junto a las propiedades entre 100 y 1.000 hectáreas, la superficie deforestada asciende a 5.801,03 km² en el mismo período. Un estudio del IPAM publicado por InfoAmazonía, señala que una parte considerable de la deforestación en la ZDS ha ocurrido en bosques públicos federales y estatales no destinados, con varias propiedades rurales registradas ilegalmente superpuestas a estas áreas. En el último año, casi el 46% del área deforestada ocurrió en estos bosques (800 km²).

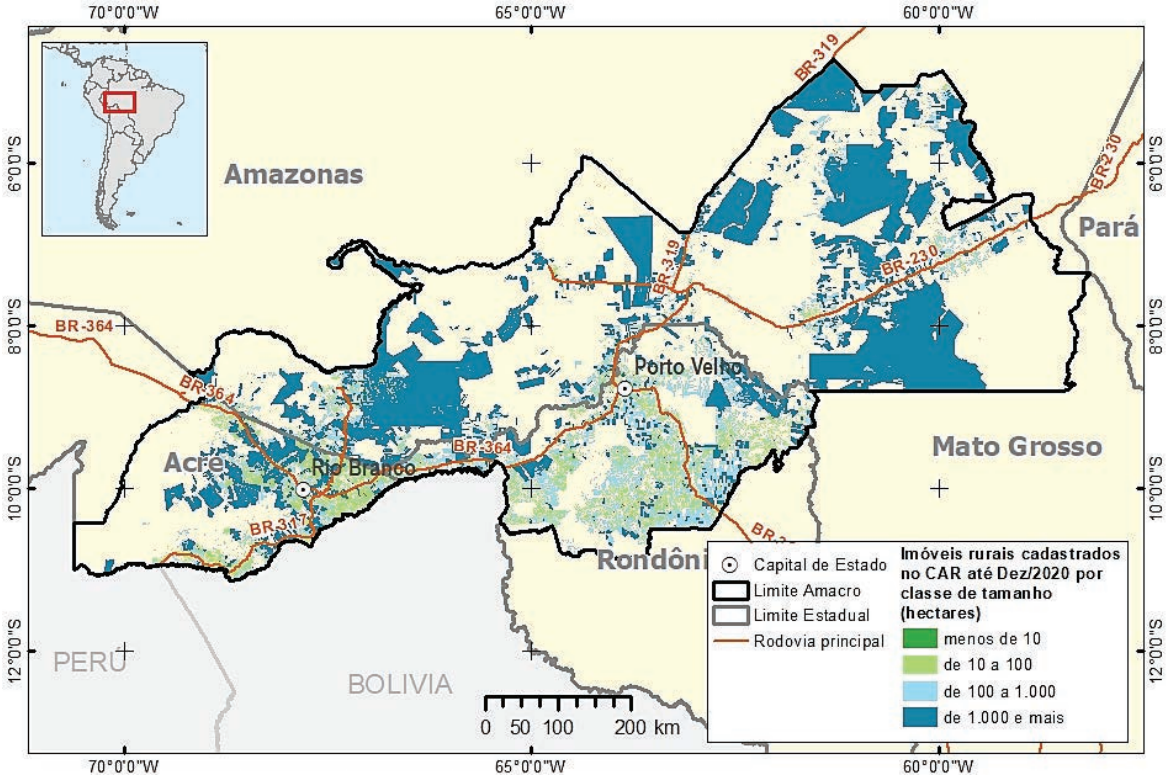


Figura 42. Distribución de las propiedades rurales registradas en el CAR hasta diciembre/2020 por clase de tamaño

La situación en el análisis de los procesos CAR, se demora en la región, indica que las autoridades, especialmente los Estados, aún no cuentan con los datos e información indispensables para el control, seguimiento, planificación ambiental y económica de la región. Sin esta información, también se compromete la adecuada lucha contra la deforestación.

Los resultados del modelo de probabilidad de ocurrencia de deforestación, con horizonte hasta 2025, apuntan escenarios pesimistas para la región (Figura 43). En todos los escenarios, existen varias áreas con alta probabilidad de deforestación, distribuidas a lo largo de las principales carreteras de la región, en áreas del norte de Rondônia y este de Acre, y también en el extremo este de la ZDS, en las cercanías de la Colonia del Río. Juma, en Apuí-AM.

Uno de los ejes del proyecto ZDS (Infraestructura Económica y Urbana) contempla la ampliación de la infraestructura vial, ampliando los ramales entre los municipios más remotos y las principales carreteras, como la BR-319, que está siendo repavimentada, conectando Manaus-AM a Porto Velho-RO. La realización de esta repavimentación ha hecho uso de maniobras en el licenciamiento ambiental y consultas públicas mal realizadas, que desestiman la participación de la población de la región. Es importante señalar que la población en toda la ZDS es de 1,7 millones de habitantes en más de 454 mil km² de área (densidad demográfica de 3,7 hab/km²). El rebaño de ganado de 8 millones de cabezas de ganado es casi cinco veces la población[29].

[29] IPAM, op. cit.

El trabajo de BR-319 es publicitado por el gobierno federal como un ejemplo ambientalmente responsable, modelo de gobernanza ambiental y cooperación con el desarrollo. Los escenarios presentados aquí demuestran lo contrario. La carretera representa uno de los ejes de degradación que abrirá el acceso a la porción más intacta de la selva amazónica brasileña.

El escenario más pesimista del modelo de probabilidad (E-01) indica 153 cuadrículas[30] en las que se espera una deforestación acumulada superior a 100 km² (1.054 casillas cubren la región). En el escenario más optimista (E-03), hay 104 casillas dentro de este rango. Los demás escenarios indican 120 casillas (E-02), 108 (E-04), 112 (E-05) y 111 (E-06).

En el escenario E-01, se espera una deforestación entre 20 y 100 km² en los próximos cinco años, en 235 plazas. 666 cuadrados se enmarcan en un intervalo menor de 20 km². En el escenario E-03 (el más optimista), hay 268 cuadrados en el rango 20-100 km², y 682 en el rango menor a 20 km². Desafortunadamente, se espera que la trayectoria de deforestación presentada anteriormente para la región continúe creciendo durante los próximos cinco años, como lo señala el modelo.

A pesar de ser una región con una gran cantidad de Áreas Protegidas y Territorios Indígenas, que podrían funcionar como barreras protectoras para la parte más preservada de la Amazonía, se observa que estas áreas seguirán amenazadas por la expansión de la deforestación, no solo cerca sus límites, sino también dentro de sí mismo.

Los objetivos de sostenibilidad divulgados por las distintas esferas de gobierno para la ZDS contrastan con la dinámica de ocupación en la región, en la que prevalece la expansión desenfrenada de la deforestación, el acaparamiento de tierras y la invasión de tierras públicas. También contrastan con la ausencia de respuestas efectivas del gobierno en la fiscalización de ANP y TI, en la lucha contra la deforestación, o incluso en el monitoreo de la regularidad ambiental de las propiedades rurales declaradas en el CAR.

De hecho, lo que sucede en la ZDS es un ciclo perverso de un modelo de colonización interna que se ha repetido en otras partes de Brasil a lo largo de los años: los grandes terratenientes, en asociación con especuladores, están directa o indirectamente involucrados en el acaparamiento de tierras públicas, expulsar poblaciones locales, explotar madera, deforestar sin autorización y convertir áreas en pastizales o monocultivos. Poco después, se apropian a través de presiones y cambios en la legislación, como es el caso actualmente de los proyectos de ley (PLs) 2.633/2020 y 510/2021, en trámite en el Congreso Nacional, que conforman el actual "PL da Grilagem". Torres, Cunha y Guerrero (2020) observan que el acaparamiento de tierras ha sido una parte fundamental de la historia agraria de Brasil desde al menos 1850[31].. Las invasiones ilegales son sistemáticamente amnistiadas, fomentando nuevas invasiones, en un ciclo en el que las ilegalidades generan leyes, y estas leyes generan nuevas ilegalidades.

Entidades que representan a los sectores de la agroindustria y el gobierno han afirmado recientemente que ya no es necesario deforestar para aumentar la productividad y satisfacer las demandas del mercado. Sin embargo, las dinámicas de deforestación y expansión de las fronteras agrícolas que se observan en la región se perpetúan y se apoyan en el millonario negocio especulativo del acaparamiento de tierras en diversas situaciones.

[30] Cada quadrícula do mapa representa uma área de aproximadamente 400 km².
[31] TORRES, Maurício; CUNHA, Cândido Neto e GUERRERO, Natalia Ribas. Ilegalidade em moto contínuo: o aporte legal para destinação de terras públicas e a grilagem na Amazônia. In: OLIVEIRA, Ariovaldo Umbelino de. A grilagem de terras na formação territorial brasileira. São Paulo: FFLCH/USP p. 202-224, 2020.

Estos ocupantes ilegales saquean bienes públicos, destruyendo áreas esenciales para el mantenimiento de los servicios ambientales que garantizan el equilibrio climático, el bienestar de las poblaciones y la propia economía del país, incluida la agroindustria, que ya sufre severas consecuencias por el cambio climático. Y son grupos muy especializados. Los que invaden, deforestan y conquistan la propiedad saben lo que hacen y confían en que siempre serán recompensados con la amnistía. La certeza de la impunidad llega al punto de anunciar la venta de millones de hectáreas de bosque en la región ZDS a través de Internet en diversas casas de bolsa virtuales.

A pesar de los movimientos de flexibilización y desmantelamiento de las políticas públicas, las decisiones y definiciones de las acciones gubernamentales legalmente establecidas siguen vigentes, pero los instrumentos para su aplicación, así como para su continuidad y mantenimiento, son insuficientes. Es necesario fortalecerlos. Un proyecto como el ZDS Abunã-Madeira tendrá grandes dificultades para alcanzar las metas de sustentabilidad anunciadas si se ignora esta realidad.

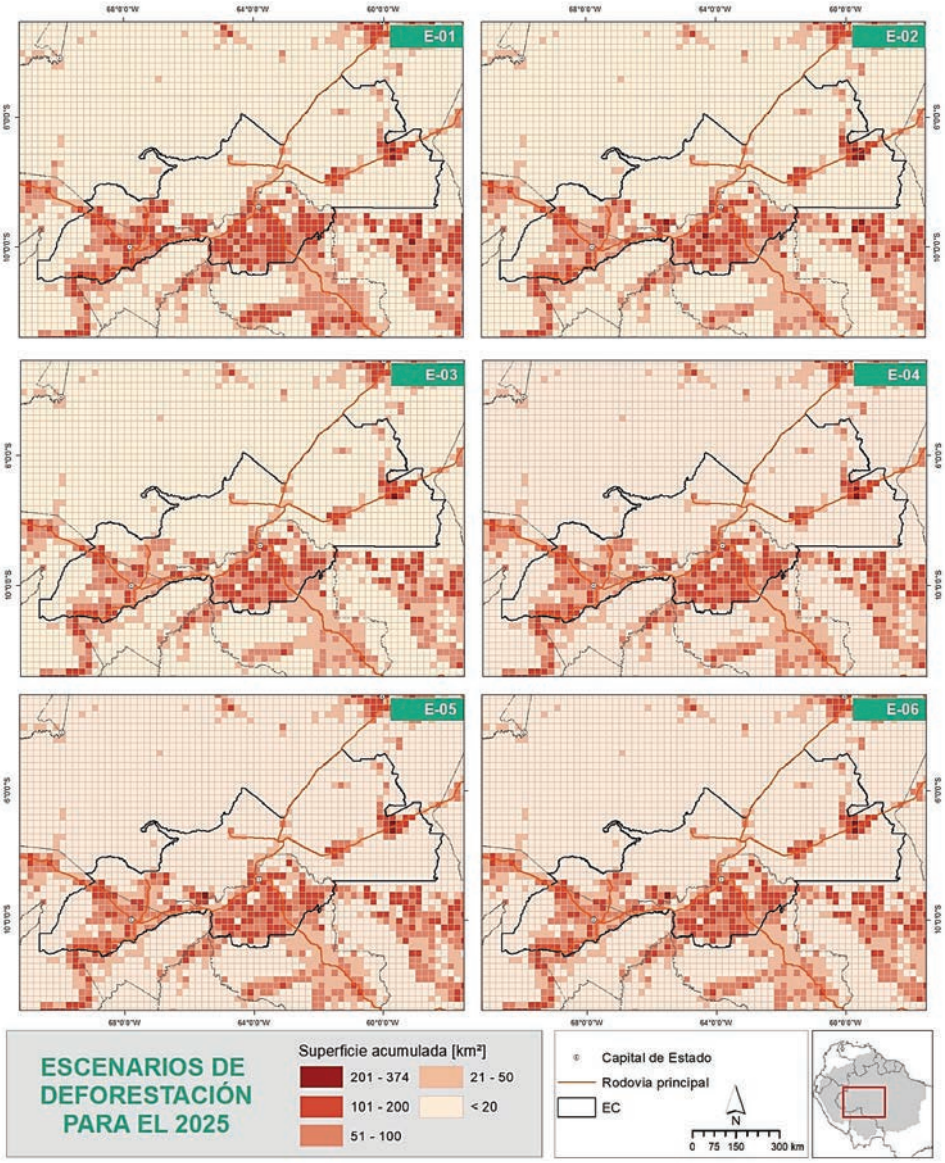


Figura 43: Escenarios de probabilidad de deforestación en la ZDS

6.2.3. Estudio de Caso Colombia - Parque Nacional Natural Tinigua

El área protegida se encuentra ubicada al norte de la Amazonia colombiana, en el Departamento del Meta. Con un área de 215.316 hectáreas (ha) es uno de los parques naturales más importantes del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, ya que sobre este territorio confluyen ecosistemas andinos, orinocenses y amazónicos, además de estar dentro del Área de Manejo Especial de la Macarena (AMEM), que incluye el Parque Sumapaz, cordillera de los Picachos y la Sierra de la Macarena[32]. Hacia el año 2000, contaba con un área de bosque de 203.682 ha y según el último estudio de la Raisg,2022; el Parque ha perdido el 25% de sus bosques, es decir, que en las últimas dos décadas acumula un total de 51.069 ha menos de cobertura forestal, la mayor afectación en todas las áreas protegidas de la amazonia colombiana. Dentro de las principales causas de deforestación se encuentra la apropiación ilegal de tierras, la ganadería extensiva, los cultivos de uso ilícito y la apertura de nuevas vías ilegales al interior del Parque[33]. Además, en los últimos años se han incrementado los incendios forestales, que traen como grave consecuencia la degradación de los bosques circundantes al foco de calor.

Es de destacar, que la creación de esta área protegida se justifica por ser una zona de tránsito e intercambio de energía entre la Amazonía y los Andes, es decir, sirve como un punto de conectividad entre estos dos importantes ecosistemas. Por lo tanto, bajo estas cifras de deforestación recientes se observa cómo se ha venido fragmentando progresivamente el paisaje hacia coberturas de pastura, siendo la zona más afectada el sur del Parque, el cual colinda con los focos de deforestación más grandes de la Amazonía colombiana, sobre los departamentos del Meta y Caquetá, en las cabeceras municipales de La Macarena y San Vicente del Caguán, dos municipios que históricamente se han visto afectadas por el conflicto armado colombiano.

El estudio, realizado por Raisg, muestra un incremento importante en las cifras de deforestación, a partir del año 2016, año en el que se firman los acuerdos de paz entre el gobierno nacional y las Fuerzas Armadas Revolucionarias de Colombia (FARC), lo que marca la retirada de los grupos armados que ejercían control territorial en esta parte del país. De esta manera, se evidencia la llegada de intereses económicos al interior de las áreas protegidas de la amazonia y en los resguardos indígenas colindantes, como es el caso del resguardo indígena Nukak, el cual ha perdido un área total de bosque de 25.022 ha. En ambos casos, los repuntes más importantes se dan en el 2020, año marcado por la pandemia de covid-19.

Por otro lado, en el marco de la Raisg, se llevan a cabo ingentes esfuerzos por poner de manifiesto el estado actual de las áreas protegidas, los resguardos indígenas y los bosques de la Amazonía. En ese sentido, el presente informe pretende dar una mirada de futuro sobre una base inicial de variables que incluye las vías, los centros poblados, la deforestación, los cuerpos de agua y que combinados con métodos de predicción altamente sofisticados, un enfoque de aprendizaje de máquina y big data, se presenta un modelo de predicción futura de los bosques hacia el año 2025 en la región amazónica. En este caso se analiza la situación del área protegida del Parque Tinigua.

El siguiente mapa (Figura 44), permite ver bajo un modelo regional, a una escala general y con una división de grillas de 500 ha, para minimizar el tiempo de cálculo, los resultados de la predicción de seis modelos de probabilidad de la superficie acumulada de la deforestación en el área objeto de estudio. Cada uno incluye las mismas variables de entrada, pero con parámetros diferentes[34], sin embargo, se observa en los mapas las diferentes tonalidades de rojo en el que a mayor intensidad se tiene mayor superficie acumulada de deforestación

[32] https://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-tinigua/
[33] https://es.mongabay.com/2021/04/colombia-deforestacion-en-el-parque-tinigua/
[34] Ver detalles técnicos en el informe regional

hacia el año 2025, lo que significa que la proyección para las tres áreas protegidas no es nada alentadora y refleja la necesidad de establecer políticas urgentes para salvaguardar los bosques de los parques nacionales de Colombia.

Sobre la parte inferior derecha de cada mapa se observa el Parque Nacional Natural Serranía del Chiribiquete, el cual en el año 2018 fue declarado por la Unesco Patrimonio Cultural y Natural de la Humanidad[35], y en el que, sobre sus linderos, el modelo de predicción proyecta áreas importantes de deforestación. Ante esta situación, varios actores, incluida la Fundación Gaia Amazonas, han llamado la atención acerca de la necesidad que el gobierno nacional formule políticas más estrictas de protección de los bosques, que cuenten con el apoyo de la policía nacional y el ejército, ya que son zonas donde prima la ilegalidad y la presencia de grupos armados residuales al servicio del narcotráfico[36],[37]. De igual manera, se ha requerido el incremento de esfuerzos para avanzar en la formalización de la tenencia de la tierra y el catastro multipropósito como mecanismo de gestión, control y manejo de situaciones asociadas con la deforestación.

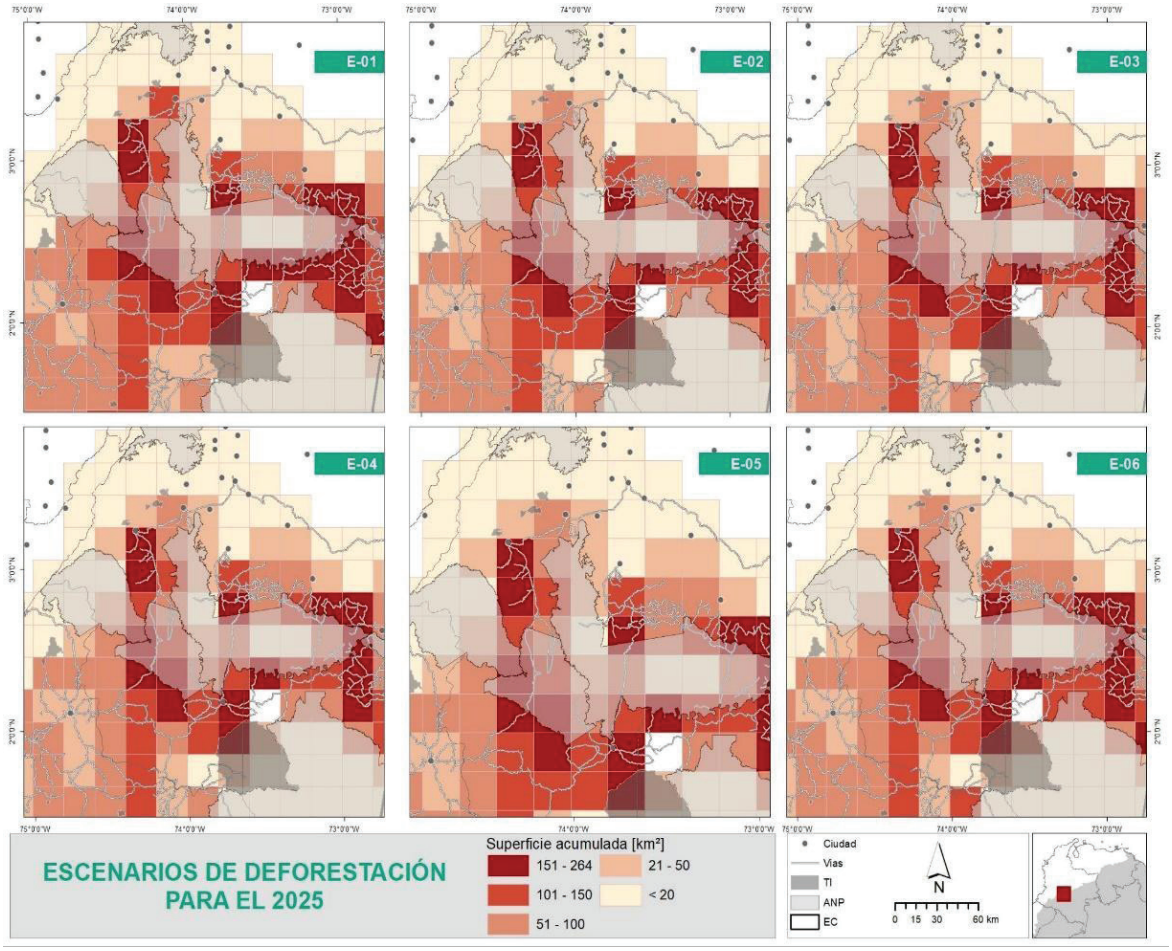


Figura 44. Modelo de probabilidad de deforestación en los parques Tinigua, Macarena y Picachos

[35] https://www.cancilleria.gov.co/newsroom/news/chiribiquete-declarado-patrimonio-mixto-humanidad-unesco-amplia-4268095-hectareas#:~:text=Con%20el%20ingreso%20a%20la%20Lista%20de%20Patrimonio,grande%20de%20Colombia%20al%20alcanzar%204.268.095%20hect%C3%A1reas%20protegidas.
[36] https://www.fac.mil.co/es/noticias/con-plan-tinigua-fuerza-aerea-colombiana-continua-combatiendo-al-narcotrafico
[37] https://periodicodelmeta.com/cultivo-ilicito-fue-destruido-en-el-parque-nacional-natural-tinigua/

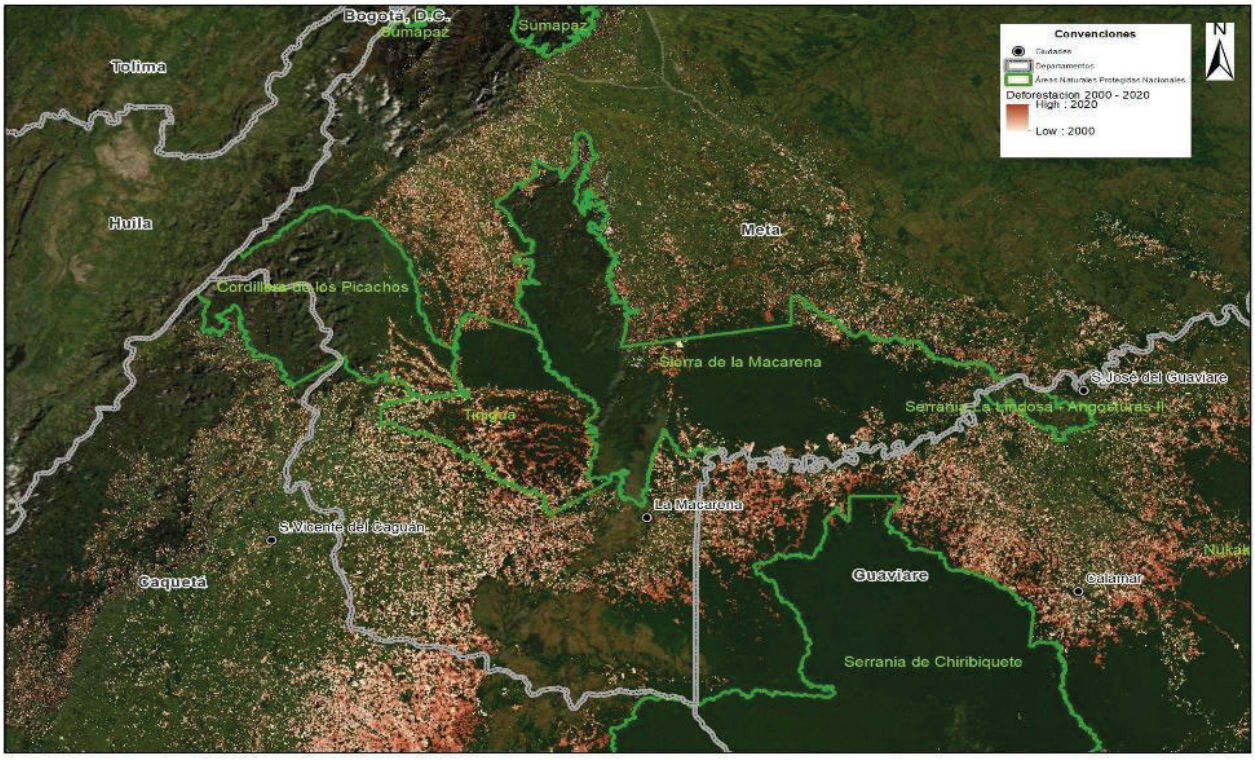


Figura 45. Mapa de deforestación 2000 - 2020 sobre la jurisdicción de los parques Tinigua, Macarena y Picachos

6.2.4. Estudio de Caso Ecuador - Reserva de Biosfera Sumaco

Para la mayor parte de Ecuador, los modelos de deforestación futura identificaron probabilidades de deforestación en los rangos de 0-10 y 11- 200 km2; sin embargo, la parte occidental de las provincias de Sucumbíos y Orellana presentaron valores superiores (probabilidades de deforestación de 201-400 km2) en los seis modelos (Figura 46). El presente estudio de caso analiza las zonas próximas a estas celdas.

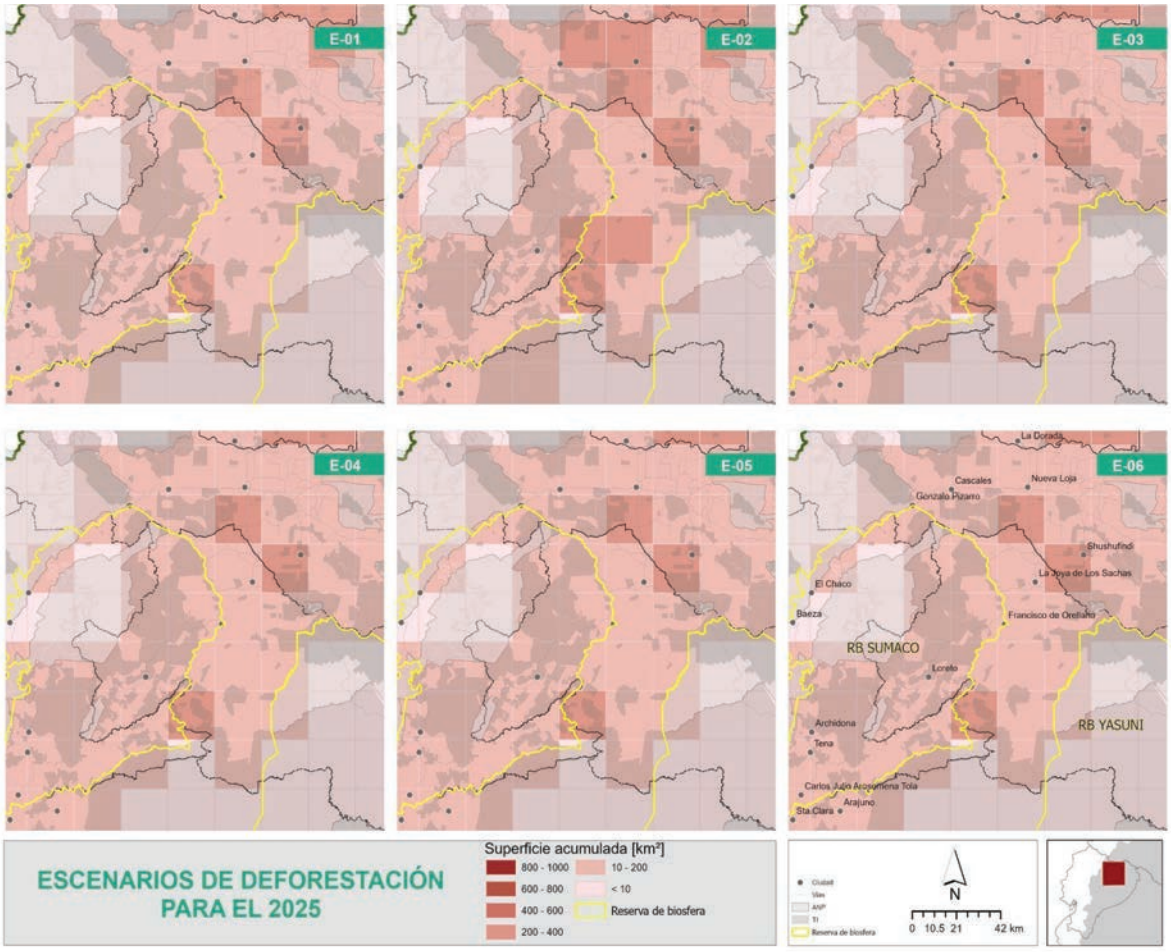


Figura 46. Resultado de los modelos de probabilidad de deforestación futura en la porción occidental de las provincias de Orellana y Sucumbíos, Ecuador. Elaboración: Fundación EcoCiencia, 2021.

Sierra et al. (2021)[38], identifica a esta zona como la ZPHD[39] 42, o Zona Petrolera Central, cuyos principales factores promotores de la deforestación son la expansión de la frontera agrícola enfocada al establecimiento de cultivos extensivos de palma africana, plantaciones forestales y cultivo de cacao, café y plátano (responsables de la mayor parte de la deforestación); y superficies de pastos y forrajes cultivados y naturales (31.89% de la deforestación).

[38] R. Sierra, O. Calva y A. Guevara. 2021. La Deforestación en el Ecuador, 1990-2018. Factores promotores y tendencias recientes. Ministerio de Ambiente y Agua del Ecuador, Ministerio de Agricultura del Ecuador, en el marco de la implementación del Programa Integral Amazónico de Conservación de Bosques y Producción Sostenible. Quito, Ecuador. 216 pp.
[39] Zona de Proceso Homogéneo de usos del suelo asociado a la deforestación (Sierra et al., 2021)

En el trasfondo de la expansión de la frontera agrícola, se hallan procedimientos que han promovido la colonización de la Amazonía ecuatoriana desde mediados del siglo pasado, pues, si bien la normativa ambiental vigente de Ecuador prohíbe la conversión de bosque nativo a otros usos (excepto cuando se debe a fines de subsistencia); políticas y programas de distribución, redistribución, reagrupamiento y legalización con fines de regularización y titulación de la propiedad de la tierra, fomentan la transformación del bosque en áreas de uso.

La ampliación del tramado vial para fines de expansión de actividades e infraestructura para explotación hidrocarburífera, actividad ampliamente desarrollada en la región[40], representa un causal indirecto de deforestación[41], pues la apertura de vías[42] da origen a la parcelación de la tierra motivada por el beneficio (legalización de la tierra) que se obtiene tras la posesión efectiva de la misma durante los 5 años (MAG, s.f.)[43]. Estos elementos contribuyen a que, a pesar de compromisos gubernamentales de Ecuador de reducir la deforestación de sus bosques establecidos en el marco del Programa REDD+, la frontera agrícola en la Amazonía de Ecuador, no se haya consolidado, y la expansión de esta continúe la dinámica histórica descrita anteriormente.

A pesar de las dinámicas expuestas, extensiones continuas de bosque se han mantenido relativamente sin transformación en la región, gracias a la presencia de áreas protegidas, territorios indígenas y en casos particulares inclusive la presencia de empresas petroleras con prácticas de control del acceso a sus áreas de concesión.

La parroquia San José de Guayusa (cantón Orellana, provincia de Orellana), objeto del presente estudio de caso, concentra gran parte de los últimos remanentes de bosques continuos del occidente de Orellana y Sucumbíos. Sin embargo, a pesar de encontrarse dentro de la Reserva de Biosfera Sumaco, esta parroquia experimenta una reciente intensificación de la deforestación (Figura 47), evidenciándose la apertura de vías y un proceso activo de posicionamiento o compra y venta de la tierra sobre zonas de deforestación reciente, inclusive dentro de unidades de territorios indígenas (Guayusa, Coca Sardinas, Kichwa Llumuca). Preocupa que esta dinámica reciente, se deba a cambios en los factores que habían asegurado el mantenimiento de su cobertura boscosa. Así mismo, las celdas con los valores más elevados de probabilidad de deforestación en la Amazonía de Ecuador ocurrieron en proximidad a estos remanentes, evidenciando su alto grado de amenaza.

La aceleración de la deforestación en esta zona está estrechamente ligada a la expansión de los monocultivos de palma africana[44] la cual se expande inclusive dentro de territorios indígenas. Adicionalmente, la zona está sufriendo degradación forestal relacionada a la extracción de especies madereras de alto valor (proceso al que usualmente le sigue la conversión del bosque a otros usos), y de la afectación de los ecosistemas ribereños del río Coca, debido a minería de materiales pétreos y minerales aluviales (legales e ilegales) y a un proceso de erosión regresiva del cauce cuya causa exacta está en discusión, pero podría estar relacionada a la construcción de la Hidroeléctrica Coca Codo Sinclair en las partes altas de la cuenca.

[40] Según un estudio reciente, Ecuador es la principal fuente (93% en 2020) de petróleo de orígen amazónico para el mercado internacional (Stand.earth Research Group & Amazon Watch, 2021) Stand.earth Research Group and Amazon Watch. 'Linked Fates, How California's oil imports affected the future of the Amazon Rainforest', december 2021. https://amazonwatch.org/assets/files/2021-12-linked-fates.pdf)

[41] Existe una correlación positiva entre la extracción de petróleo y la deforestación en la Amazonía ecuatoriana.

[42] Ecuador tiene una de las densidades viales más altas de la Amazonía. (Stand.earth Research Group & Amazon Watch, 2021) Stand.earth Research Group and Amazon Watch. 'Linked Fates, How California's oil imports affected the future of the Amazon Rainforest', december 2021. https://amazonwatch.org/assets/files/2021-12-linked-fates.pdf)

[43] Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador MAG. (s. f.). Subsecretaría de Tierras y Reforma Agraria – Ministerio de Agricultura y Ganadería. Subsecretaría de Tierras y Reforma Agraria. Recuperado 14 de diciembre de 2021, de https://www.agricultura.gob.ec/subsecretaria-de-tierras-y-reforma-agraria/

[44] Ecuador es el 9no productor de palma aceitera a nivel global, 2do en Sudamérica, producto que aún no cuenta con un sistema de certificación de cadena productiva que asegure que esta sea libre de deforestación. (USDA Foreign Agricultural Service, 2021, https://ipad.fas.usda.gov/cropexplorer/cropview/commodityView.aspx?cropid=4243000)

Adicionalmente, la minería metálica aluvial se encuentra en expansión en la zona, proceso que se ha mantenido durante estos meses de pandemia. En esta zona se encuentran los bloques petroleros asignados a las empresas PetroAmazonas E.P. (bloques 18 Palo Azúl y 48 Punino 15 Indiana), lo cual implica un peligro latente de apertura de nuevas vías y degradación ambiental.

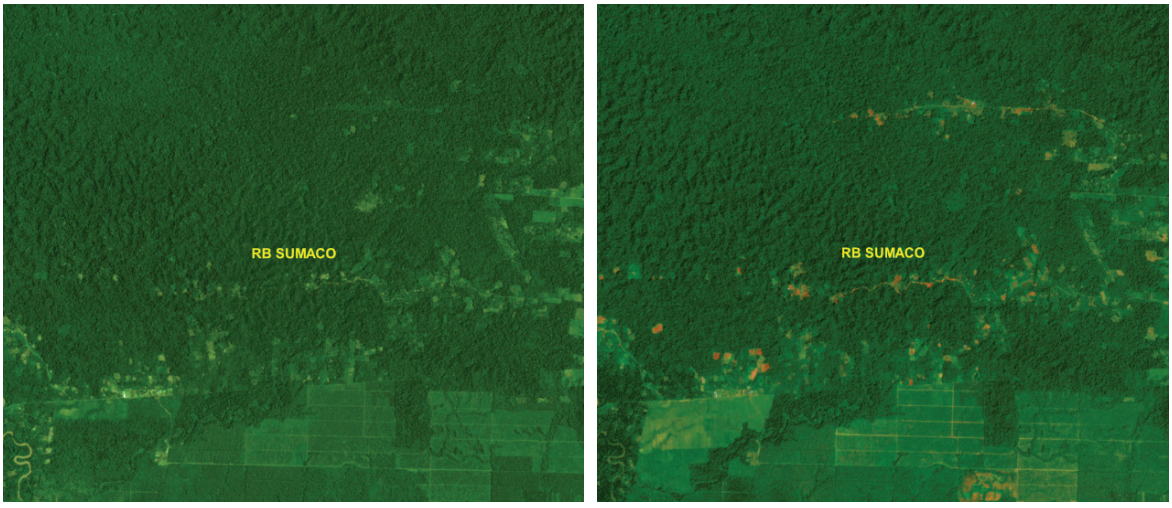


Figura 47: Avance de la deforestación dentro de la Reserva de Biósfera Sumaco, en la parroquia San José de Guayusa, Orellana, Ecuador (-77.125034,-0.229348). Imágenes de diciembre de 2019 (izquierda) y octubre de 2021 (derecha) Créditos: PlanetLabs Inc. Elaboración: Fundación EcoCiencia.

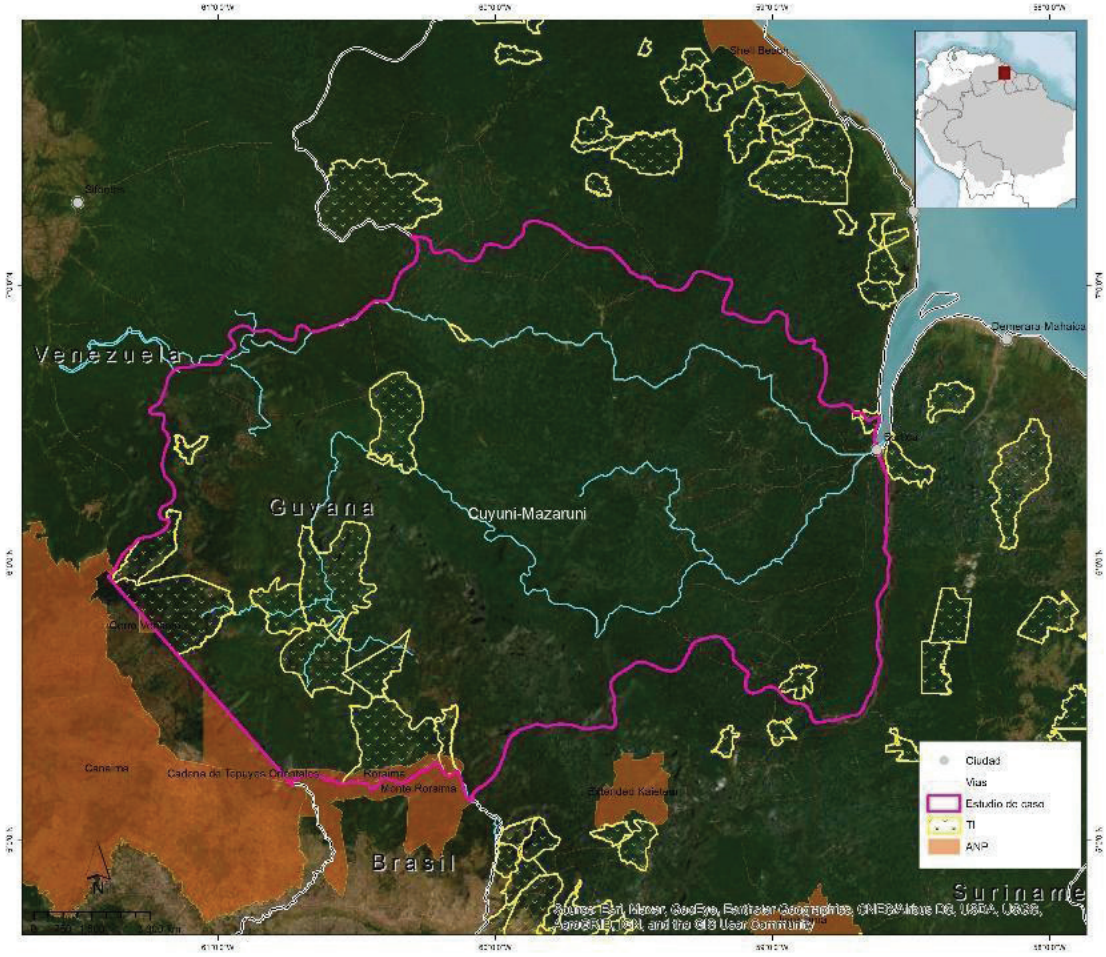
6.2.5. Estudio de Caso Guyana – Distrito Cuyuní - Mazaruni

El estudio de caso se encuentra ubicado en las Guyana o "tierra de muchas aguas" por sus habitantes originales, los Arahuacos; presenta una de las áreas de bosques tropicales y altos niveles de biodiversidad. Contiene 12 territorios indígenas: Arau, Chinoweing (Homesteads), Isseneru Tract, Jawalla, Kaburi, Kaikan, Kamarang Keng, Kurutuku (Homesteads), Morowta, Paruima, Phillipai, Waramadong y el área protegida Roraima, rodeado por el río Esequibo, (Figura 48).

En 2010, Cuyuni-Mazaruni contaba con 86% de cubierta arbórea que se extendía sobre su terreno. Desde el 2002 hasta el 2020, perdió 1.3% de cubierta arbórea de bosque primario húmedo. En 2016, 53% de la cobertura arbórea de las Cuyuni-Mazaruni eran bosques intactos, lo que indica una disminución por el avance de la actividad minera en el territorio, (Figura 48 y 49).

De acuerdo con el portal de la Oficina gubernamental de Investigación de Guyana, el gobierno está interesado en asegurar inversiones a gran escala (en espacios de hasta 32 kilómetros cuadrados) en la industria minera, sobre todo en oro y bauxita. Es el caso de siete proyectos que desarrolla la Sacre Coeur Minerals, LTD y de tres más a cargo de la Guyana Goldfields Inc., ambas empresas de origen canadiense[45]. También, otras actividades como son la construcción de centrales generadoras de electricidad, como son la Hidroeléctrica de Turtruba, en el río Mazaruni, asignado a la empresa Enman de Trinidad y Tobago, la planta de Devil´s Hole en el río Cuyuní, y una gran planta en el Alto Mazaruni, que han venido a impulsar el desarrollo de la actividad minera.

[45] https://noalamina.org/general/item/2318-guyana-otorga-concesiones-mineras-en-zona-de-litigio



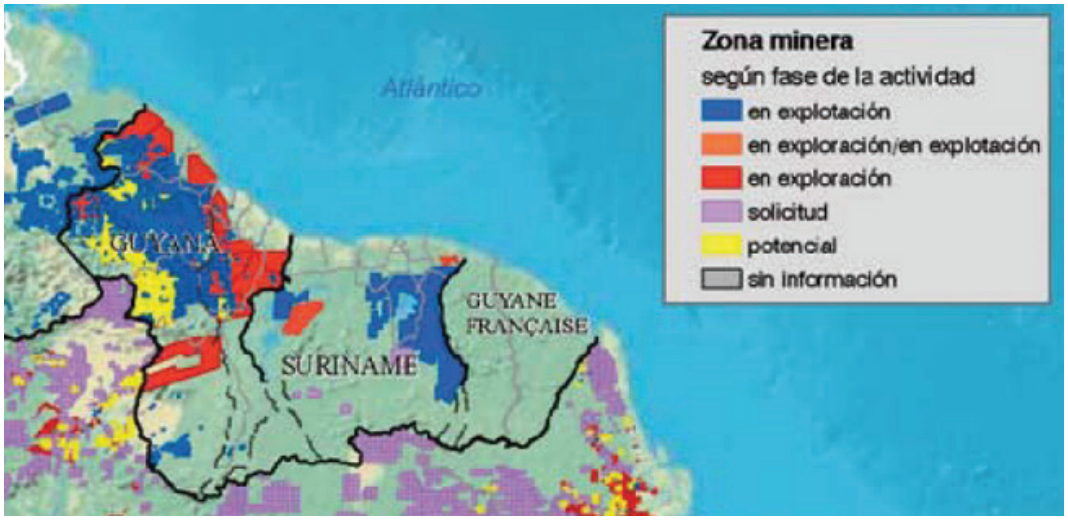
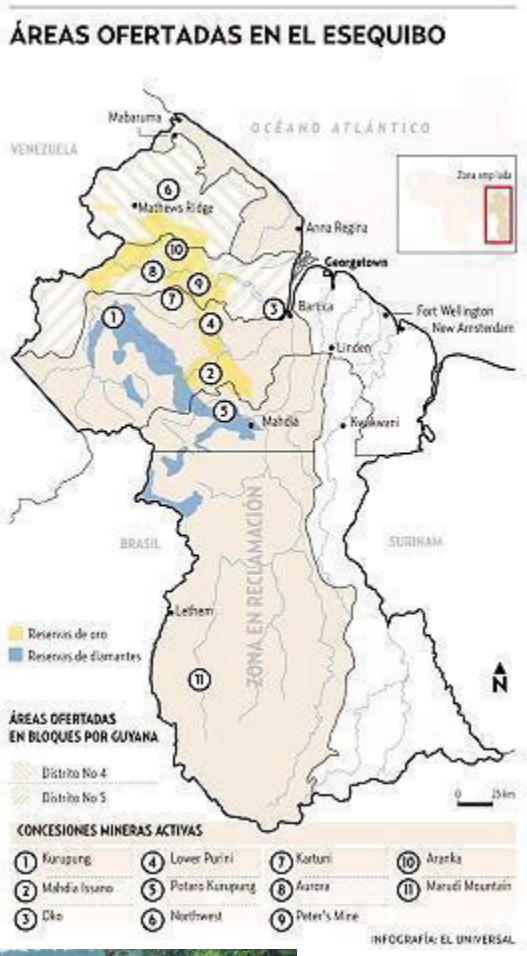


Figura 48. Actividad minera. Fuentes Amazonía Bajo Presión- RAISG

Figura 49: La minería Fuente: diario El Universal Caracas, Venezuela- 08/06/09. Gobierno venezolano. Derecha: Desde la parte superior izquierda: una tienda de suministros para la minería, una carretera secundaria hacia Puruni, mercurio vendido en un mostrador en una botella de ron El Dorado, un transporte de agua sobre los múltiples remansos del interior de Guyana, Puruni, el centro minero.



Otra alerta, es la zona minera de Puruni en la región de Cuyuni – Mazarun, donde se vende mercurio sin receta, almacenado en botellas de ron. Una libra de mercurio se vende al por menor por 18,000 dólares guyaneses, aproximadamente 90 dólares, lo cual vendrá a contaminar los cuerpos de agua y a los habitantes que proveen de los peces de los ríos para su alimentación.

El sector de la minería de oro artesanal y en pequeña escala en Guyana, es predominantemente aluvial (con excepción de una región en el sur del país), regulado y de pequeña a mediana escala. A los mineros se les pagaba proporcionalmente a la cantidad de oro extraído. Los métodos utilizados iban desde excavadoras altamente mecanizadas y esclusas en zigzag, hasta muy artesanales: tubería de agua de 2 pulgadas y esclusas de tierra. La mayoría de las operaciones utilizan mercurio para extraer oro. En un caso, las placas recubiertas de mercurio se agregaron directamente a la esclusa, que es una de las peores prácticas prohibidas por las regulaciones mineras de Guyana[46].

El sector de la minería de oro artesanal y en pequeña escala (ASGM) en Guyana es robusto, representa el 70% de su producción de oro y está totalmente legalizado, una distinción única entre los países productores de oro. También es la principal fuente de empleo e ingresos para más de 15,000 en el interior de Guyana, incluidos los miembros de las comunidades indígenas locales.

Sin embargo, los desafíos persisten. La minería de oro a pequeña escala es un importante motor de deforestación, y la mayor fuente de emisiones de mercurio del país[47], y es la mayor fuente de emisiones de mercurio del país.

Figura 50: Desde la parte superior izquierda: un minero que lava sedimentos, un minero que usa una bomba de presión, un pantano natural en el área minera, una excavadora. Fuente: planetgold.org

[49] https://www.planetgold.org/es/journey-interior-guyana
[50] https://www.planetgold.org/es/guyana

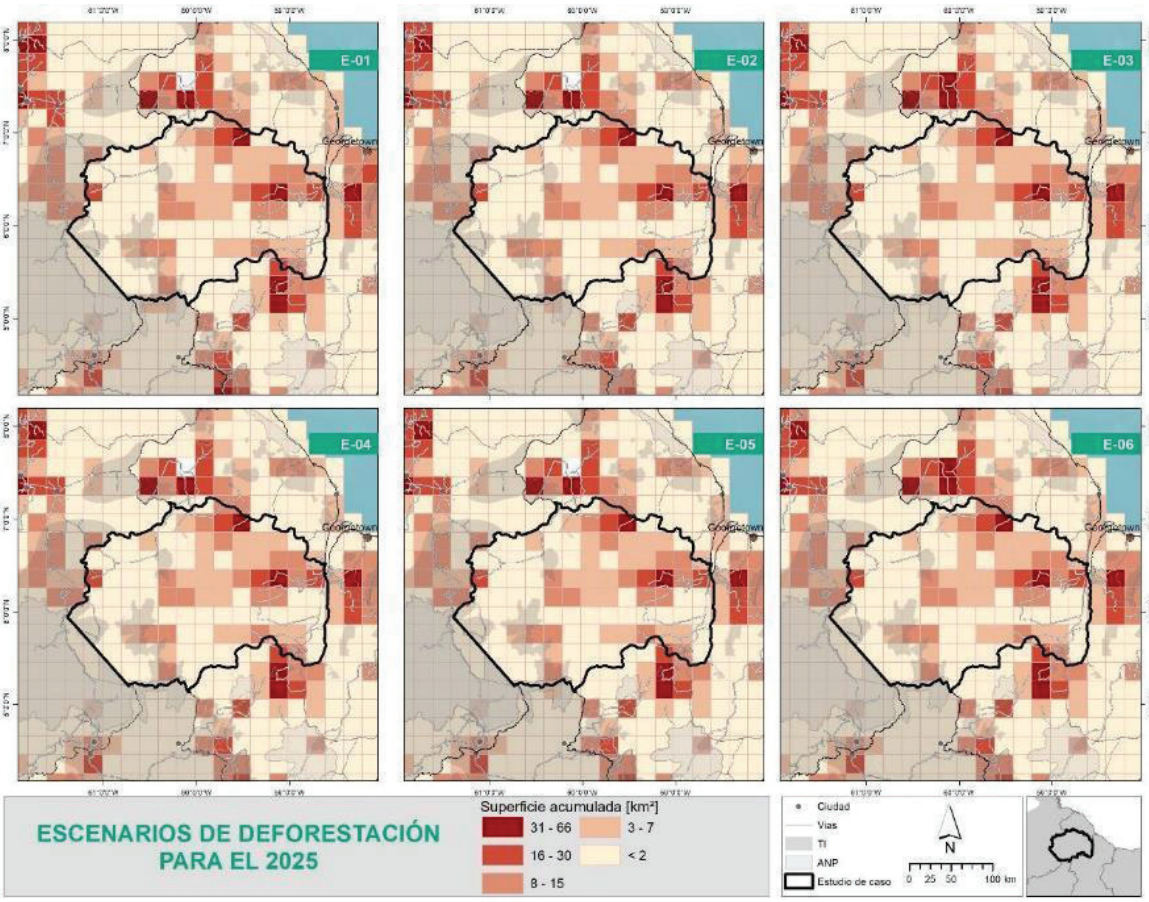


Figura 51: Mapa de escenarios de deforestación para el 2025

6.2.6. Estudio de Caso Perú - Territorio Kakataibo

El territorio Kakataibo se encuentra en los departamentos de Ucayali y Huánuco; tiene una superficie de 268,642 ha y comprende 8 comunidades nativas tituladas y 1 no titulada.

Se encuentra ubicado en una zona de muy alta presión impulsada por migrantes provenientes de áreas aledañas, que buscan ampliar sus tierras para el desarrollo de actividades como la agricultura y ganadería; incluso, en la zona se han reportado conflictos socioambientales por la presencia de actividades ilegales como las plantaciones de cultivos de coca y la minería. La manera de acceder a más territorios en la zona es a partir de invasiones y tráfico de tierras que agudizan los conflictos sociales que conllevan al incremento de enfrentamientos entre los migrantes y las poblaciones indígenas, incluso provocando el asesinato de sus líderes[48].

Uno de los principales atractivos para estas migraciones es el fácil acceso al área, este se da a través de la carretera Federico Basadre que cruza por la mitad del territorio Kakataibo, dividiéndolo en las zonas Norte y Sur. Otro factor que merece consideración es la cercanía a la ciudad de Aguaytía, una de las ciudades más importantes de la Amazonía peruana. Todo ello, brinda a la zona un gran atractivo para comercializar productos que atienden la demanda local, regional y hasta nacional[49].

[48] https://ibcperu.org/publicacion/proceso-de-deforestacion-en-el-territorio-cacataibo-1995-2010-descarga/
[49] Capitulo. DEFORESTATION IN TITLED NATIVE COMMUNITIES 2000-2015: THE CASES OF THE INDIGENOUS AWAJÚN PEOPLES OF ALTO MAYO AND THE KAKATAIBO PEOPLES OF THE CENTRAL FOREST. Sandra Ríos Cáceres, Ermeto Tuesta and Richard Chase Smith. Pages 125 - 134. https://www.iwgia.org/images/publications/new-publications/Peru_Deforestation_in_Times_of_Climate_Change_Dec_2019.pdf

El acceso a la zona sur del territorio es significativamente más fácil, desde hace cinco años, debido a la construcción de una carretera que conecta a las ciudades de Pucallpa, Puerto Zúngaro y Codo de Pozuzo, con la comunidad de Santa Martha. Anteriormente, esta comunidad dependía sólo de su conexión fluvial con el centro poblado de Puerto Zúngaro, sobre el río Zungaruyacu.

La deforestación en estas comunidades se dispersa a lo largo de las vías de acceso, principalmente en los ríos y quebradas que marcan los límites naturales de sus territorios, partiendo principalmente del último tramo de la trocha carrozable que conecta a estas comunidades con vías principales como la carretera Federico Basadre. Estas trochas, no están registradas ni mapeadas en las bases oficiales obtenidas del Ministerio de Transporte, pero se pueden observar mediante imágenes de alta resolución como Google Maps y Google Earth[50].

El resultado del modelo de predicción muestra que una de las zonas con mayor riesgo a deforestación al 2025 dentro de la cuenca amazónica peruana es el área donde se encuentra el territorio Kakataibo (Figura 52).

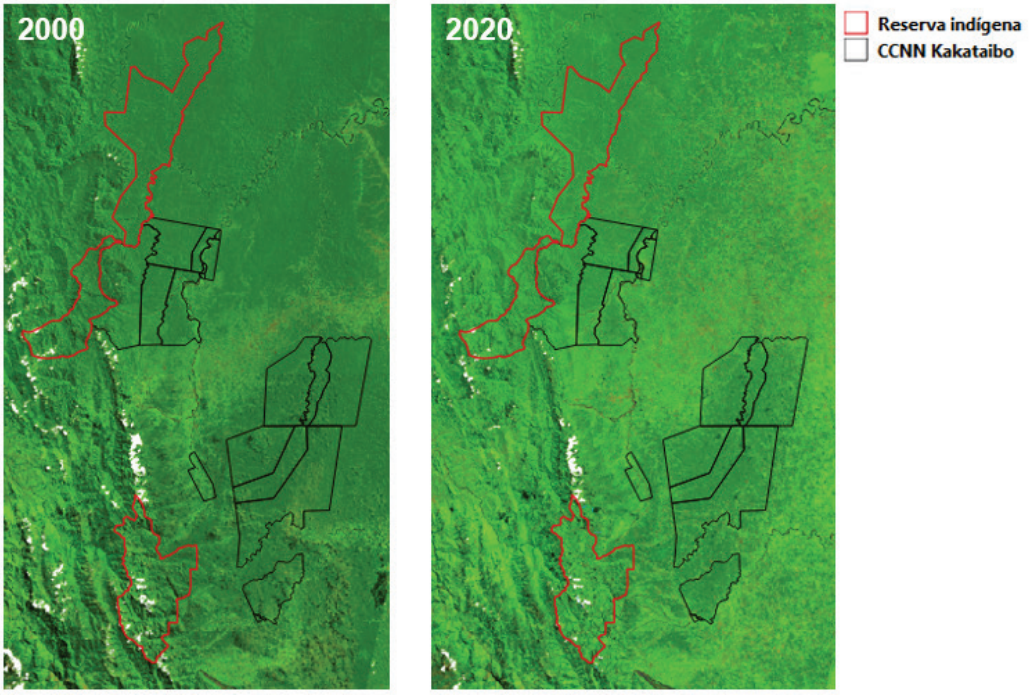


Figura 52. Avance de la deforestación en el territorio kakataibo durante el periodo 2000-2020

En las áreas continuas a las comunidades nativas Kakataibo, se observa una alta probabilidad de deforestación futura al 2025. Los resultados, indican que en esta área existe una probabilidad de deforestación futura de una superficie entre los 10 a 300 km2 y dentro de los límites del territorio titulado una superficie menor que oscilaría entre 10-250 km2.

[50] https://ibcperu.org/wp-content/uploads/2020/06/Aguaytia.pdf

Esta situación ha venido siendo evidenciada en el análisis temporal del proyecto MapBiomas Amazonía[51], cuyos resultados muestran cómo la frontera agropecuaria ha seguido avanzando. Las diferencias de los resultados dentro y fuera de las comunidades nativas se pueden deber al resultado histórico de deforestación, base del modelo, en el que se observa un acelerado aumento de superficie deforestada considerablemente más alta, fuera de los territorios indígenas, considerando que el modelo no contempla estos límites como una barrera para el futuro. Cabe resaltar, que existen grillas que dan un resultado de probabilidad a deforestación baja, debido a que son áreas que se encuentran deforestadas o con poca superficie forestal en pie.

Con base a estos resultados, la deforestación al 2025 puede representar no sólo la pérdida de una mayor cobertura forestal en la zona sino también el aumento de los conflictos en la zona y un mayor peligro para los defensores del bosque. Urge la implementación de políticas de buena gestión para la conservación de los bosques en el territorio kakataibo para evitar estos escenarios proyectados para un futuro cercano, 2025.

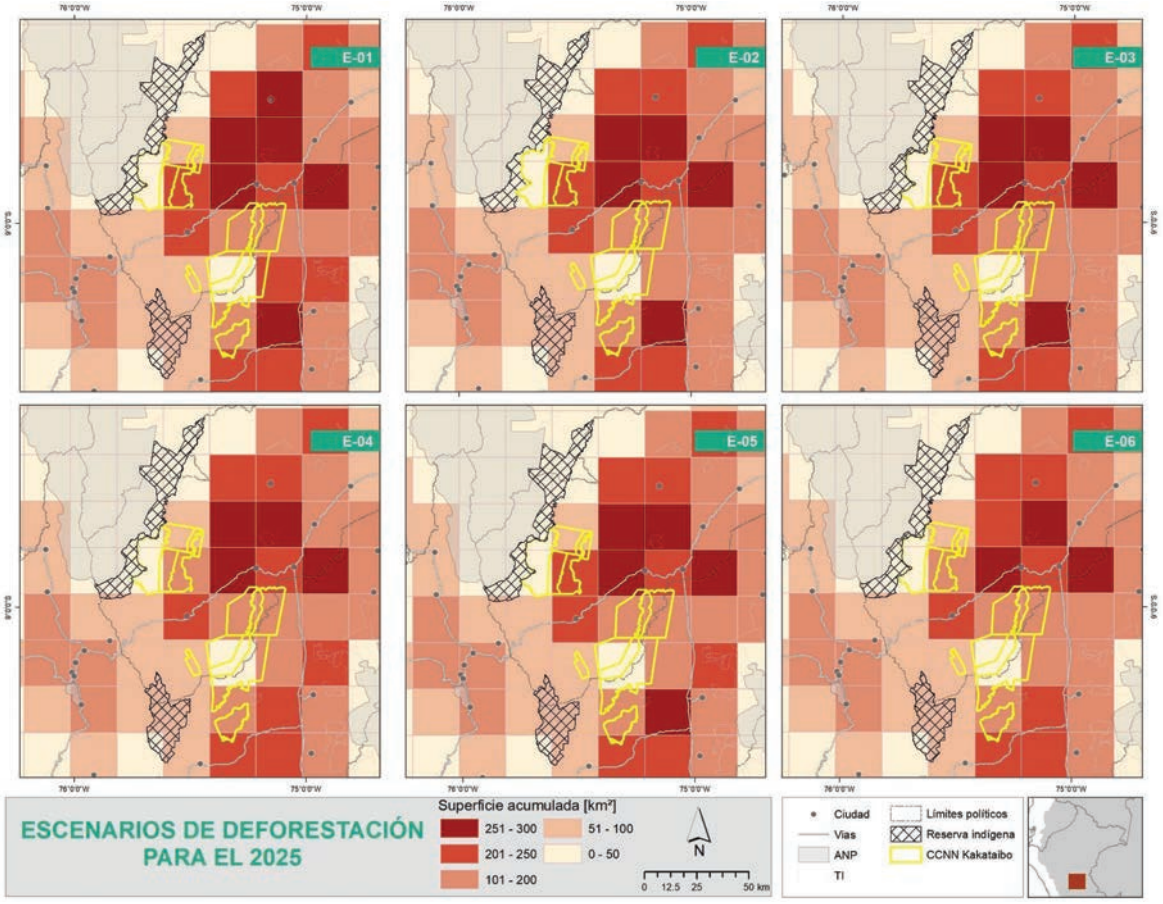


Figura 53. Modelo de probabilidad de deforestación en el territorio Kakataibo

[51] Mapbiomas Am azonia Site

6.2.7. Estudio de Caso Suriname y Guyane française – Río Saramacca y Río Maroni

El estudio de caso se encuentra ubicado en Suriname y Guayana française (Figura 1), que presenta una de las áreas de bosques tropicales mejor preservadas en el mundo y altos niveles de biodiversidad. Este especial territorio está ubicado en la zona Este Suriname y zona Oeste de Guayana Française, entre los ríos Saramacca y Río Maroni que indica la frontera entre ambos países; conformado por los distritos de Sipaliwini, Brownsweg y Para – Suriname y Saint-Laurent-du-Maroni - Guyane française.

Contiene las siguientes áreas protegidas: Reserva Natural de Brokopondo, Reserva Natural de Brinckheuvel, Reserva Natural de Upper Coesewijne y Bassin versant et chutes de la crique Voltaire. Las actividades socioeconómicas van desde la minería artesanal en pequeña escala, inicialmente, pero que en los últimos años esta actividad cada vez se expande por las fronteras entre los ríos de Saramacca y Maroni, afectando áreas sensibles que están bajo protección. Las comunidades existentes además de la agricultura de subsistencia realizan caza y pesca.

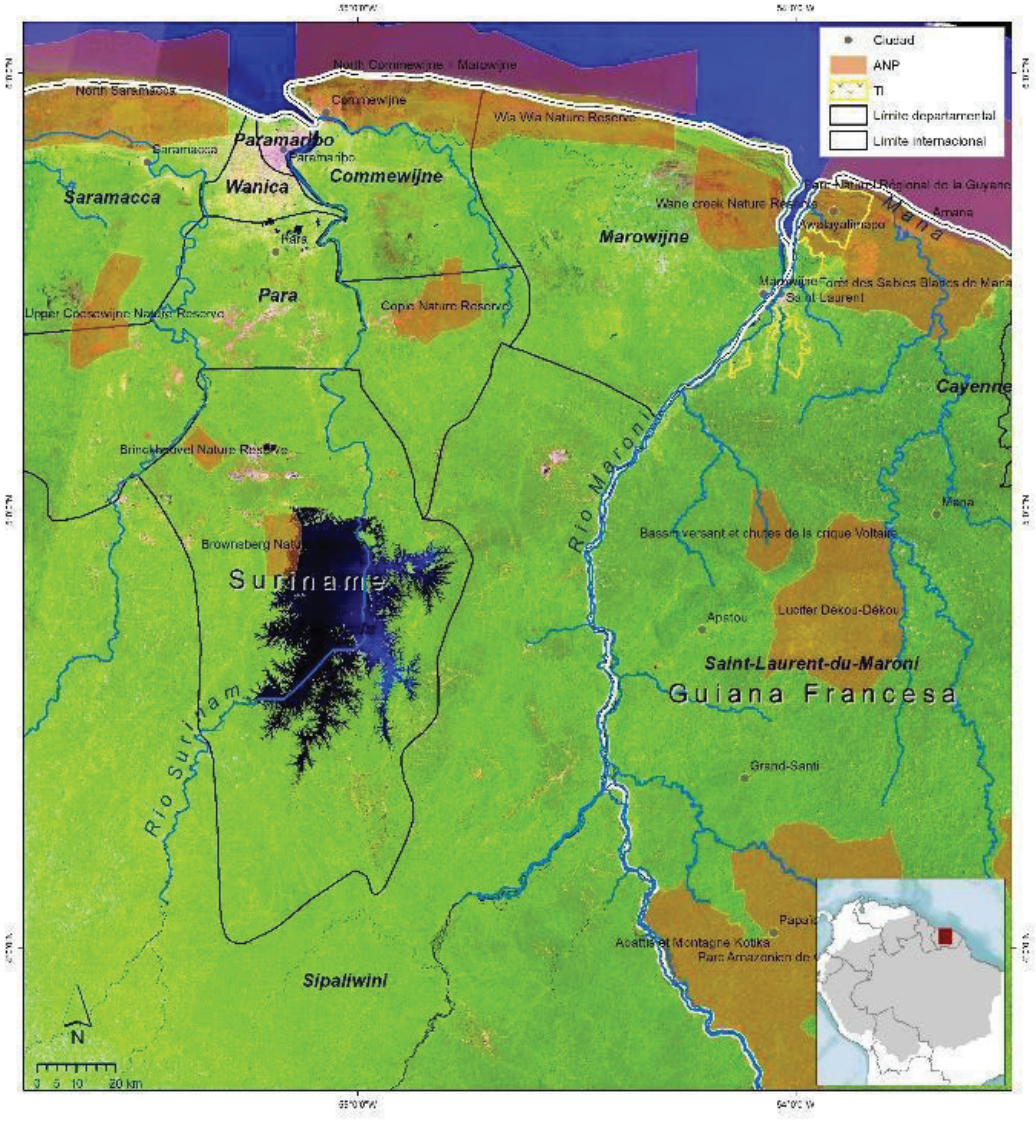


Figura 54. Mapa Base. Fuente: FAN, 2022

El impacto negativo por parte de la industria de extracción minera, que es uno de los sectores más fuertes de la economía, es evidente, principalmente por minería ilegal (pequeña escala) y legal. Este sector, a pesar de haber atraído mayor inversión, y como consecuencia incremento de las exportaciones y el desarrollo de sectores relacionados[52], es también el principal causante del aumento de la tasa de deforestación en el país de Suriname, que también es reflejado en las Guayana Française. De la misma manera, otros agentes de cambio incluyen como es la construcción de hidroeléctricas, agricultura (incluyendo tala y quema) y la construcción de carreteras.

Esta actividad, atrae la fiebre de la minería del oro y está amenazando a comunidades Maroons en particular Paramaka, Aukan y Matawai, que se encuentran a lo largo de los ríos como es el Río Surinam y Río Saramacca principalmente, pero también refleja un problema social debió a que entre el 70% y el 80% de los hogares reciben ganancias del trabajo de familiares en las minas. En la zona norte del territorio Matawai, los asentamientos poblados y de caminos, ha permitido una rápida expansión de la minería del oro. Al otro lado del Río Maroni pasa lo mismo, la extracción de oro por mineros ilegales, en su mayoría brasileños, es una actividad que continúa día a día en la selva amazónica.

Mucho del territorio se ha vuelto dependiente de la minería, que está ocasionando no solo la deforestación del bosque y contaminación de las aguas, también implica el cambio mismo en la cultura de los pueblos, de sus tradiciones, que poco a poco son abandonados para ir a trabajar a las minas.

“Las actividades mineras están contaminando los ríos con mercurio, el cual se utiliza para separar el metal del sedimento. El mercurio puede actuar como una neurotoxina, y ha contaminado a los peces locales, los cuales ya no se deberían comer. Las tierras cultivables también están amenazadas. La minería del oro está tomando lugar tan cerca de los pueblos, que las tierras fértiles para el cultivo son cada vez más escasas”[53].

Figura 55. La minería del oro (en rojo) en áreas donde viven comunidades de Maroons (izq). Una mina de oro ocupa las costas de la Reserva de Agua Brokopondo al centro de Surinam (der). Fuente Amazon Conservation Team ACT

[52] Conservation International Guyana, Projekt-Consult GmbH,WWF Guianas. 2013. Guyana’s Extractive Industry Sector (EIS). Online [http://xurl.es/wznef
[53] Rudo Kemper, Amazon Conservation Team ACT. Online https://es.mongabay.com/2015/11/la-fiebre-de-la-mineria-del-oro-esta-amenazando-a-comunidades-en-surinam/

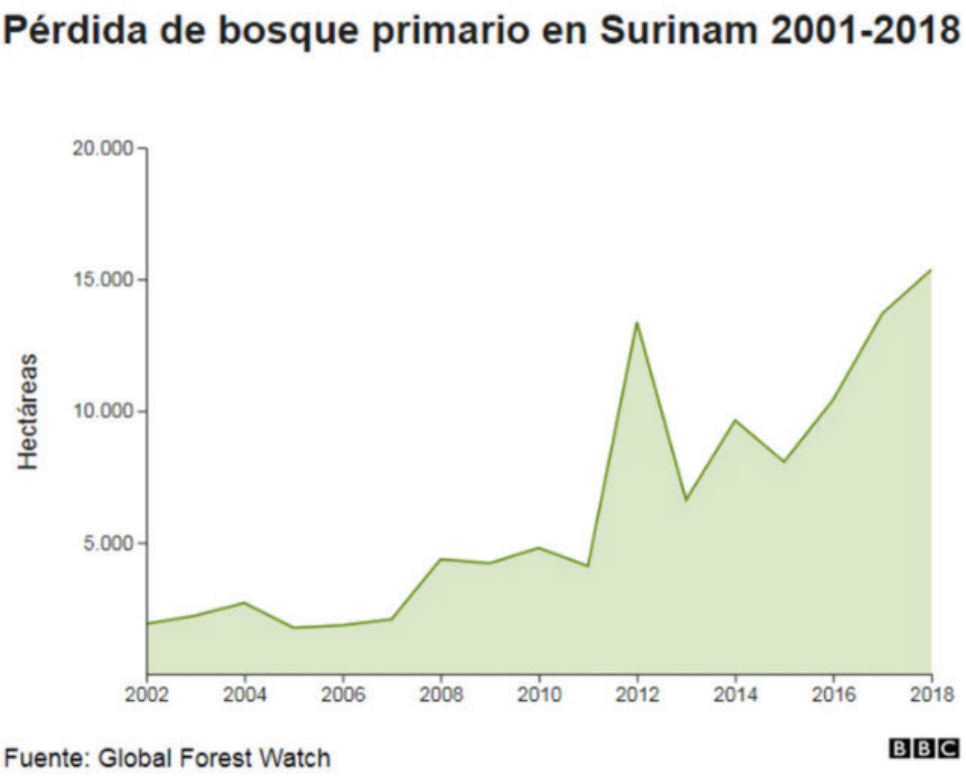


Figura 56. Pérdida de bosque primario en Suriname. Fuente: Global Forest Watch

Según la Fundación para el Manejo y Control de la Producción Forestal del gobierno de Suriname, la minería representa el 73% de la deforestación en el país; esta actividad viene incrementando desde el 2012, donde el país registra un aumento de pérdida forestal, estimulada principalmente por la minería de oro. Entre 2000 y 2014, según un informe del Equipo de Conservación del Amazonas (ACT), la extensión del territorio minero, generalmente a pequeña escala, ya sea industrial o artesanal, creció un 893%. Suriname perdió aproximadamente 4% del bosque amazónico.

Para la Guayana Francesa, que tiene una población de menos de 300.000 personas, se estima que hay entre 8.000 y 10.000 mineros ilegales, es un territorio que se presenta como una de las naciones más boscosas del planeta, pero su precioso ecosistema está amenazado por la minería ilegal de oro[54].

[54] https://globalcad.org/es/2020/01/31/bosques-y-bienestar-el-futuro-de-los-bosques-de-guyana-es-vital-para-el-futuro-de-todos/

Figura 57. La minería encontrada en grandes centros de minería ilegal como este, cerca del río Maroni. Derecha: El mercurio se usa para separar el oro de la tierra. Fuente: Claire Press - BBC News

Los escenarios de deforestación al 2025 (Figura 5), muestran que en estas zonas mineras las pérdidas de bosque seguirán incrementando, afectando no solo a la parte biofísica de la zona sino a la cultura de las comunidades que las habitan.

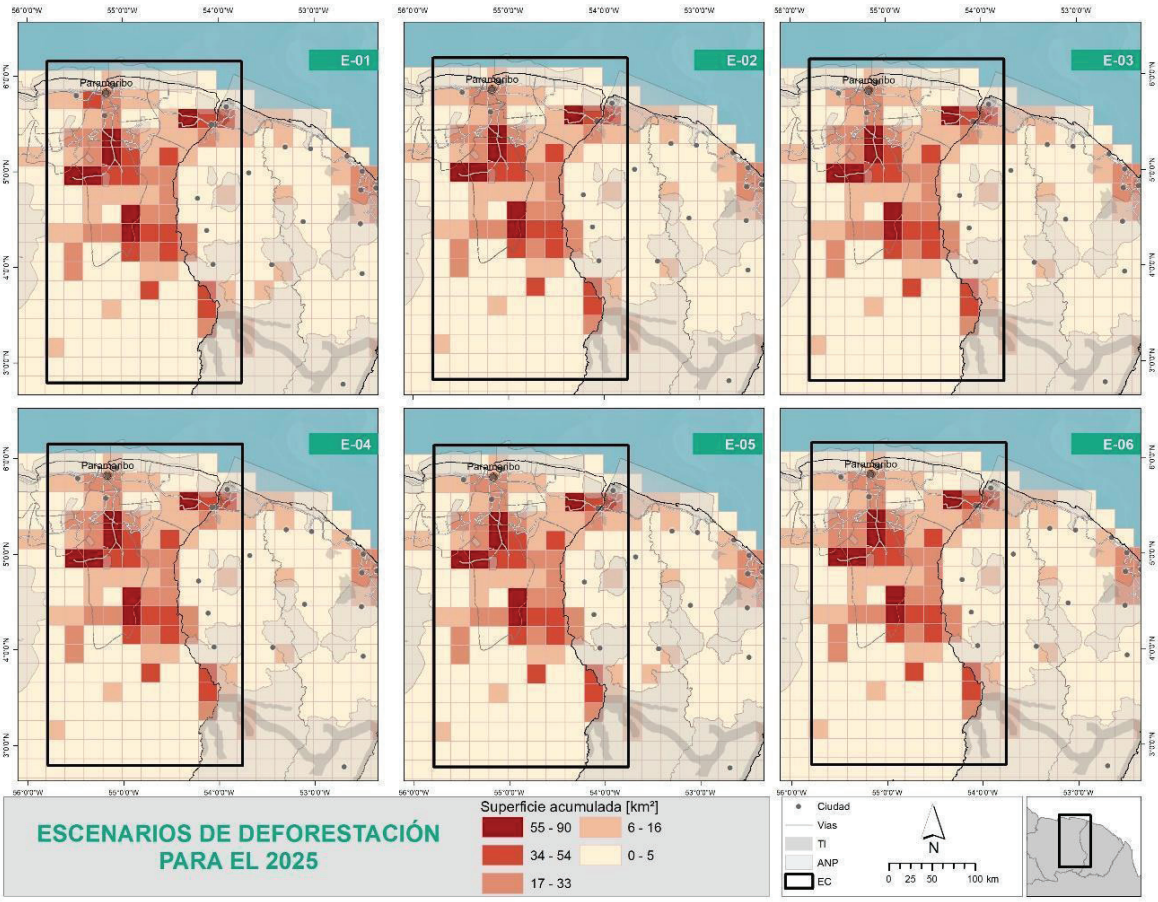


Figura 58. Mapa de escenarios de deforestación para el 2025

6.2.8. Estudio de Caso Venezuela - Parque Nacional Duida Marahuaca

Con base en los resultados del modelo de predicción de deforestación, una de las zonas con mayor probabilidad de deforestación a 2025, está en el Parque Nacional Duida Marahuaca, ubicado en la parte central del estado Amazonas, en el municipio Alto Orinoco, entre las poblaciones Tamatama y La Esmeralda, con el el río Orinoco al sur, al este el río Padamo y por el oeste el río Cunucunuma[55].

A su vez, este espacio es parte de los territorios tradicionales de los pueblos indígenas Ye'kwana, Sänema y Arawak (Baré, Kurripaco, Warekena y Baniva). Pero en especial para los Ye'kwana, hijos de Wanadi, los tepuyes que conforman parte del parque nacional son un lugar sagrado, ya que lo consideran la cuna de sus Dioses y el árbol de la vida[56].

[55] Ministerio del Poder Popular para el Ecosocialismo, 2018. http://www.minec.gob.ve/el-duida-marahuaca-huachamakari-llega-a-40-anos-como-parque-nacional/
[56] Inparques, 2021. https://www.google.com/maps/d/u/1/embed?mid=19BZSDKCKctVKDPkf0n8-Z_RJ1gU&ll=7.677144010786086%2C-67.221710199823 52&z=6

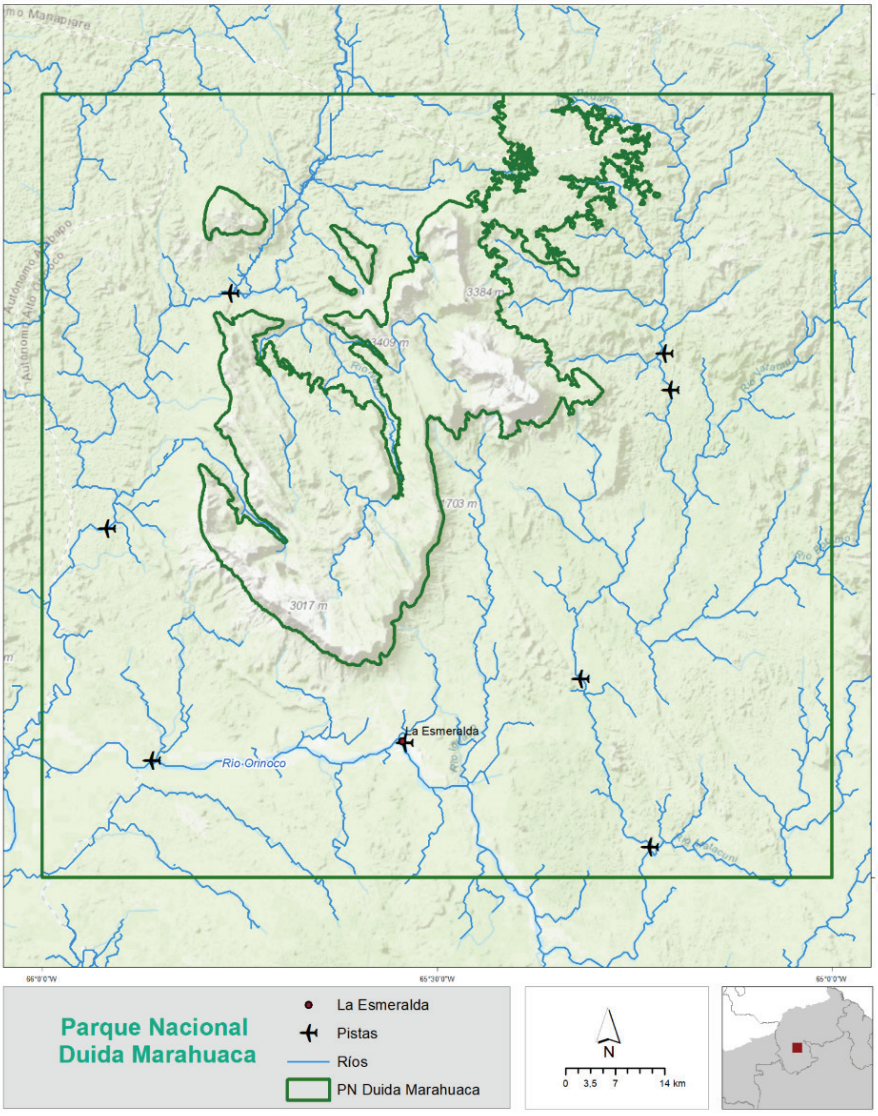


Figura 59. Parque Nacional Duida Marahuaca, estado Amazonas.

El paisaje fisiográfico principal que se representa en el parque nacional Duida Marahuaca, está caracterizado por montañas en forma de mesa conocidas como tepuyes, que son formaciones de areniscas y cuarcitas representados por los cerros Duida, Marahuaca y Huachamacare[57]. La vegetación del Parque Nacional está conformada por diferentes tipos de bosques, con algunos ecosistemas naturales herbáceos[58,59].

Es un área donde, actualmente, prevalecen actividades como la agricultura de subsistencia, bajo la modalidad de "conucos", con rubros como el cambur (banano), yuca, plátano, mapuey, cacao, seje, ñame, ocumo, batata, arroz, maíz, caña de azúcar, piña y ajíes. Las principales fuentes de proteína animal provienen de la pesca y la caza.

[57] UNESCO, 2013. Programa el Hombre y la Biosfera (MAB). Formulario de revisión periódica de reservas de la biosfera.
[58] Huber, 1995. Vegetation. Pp. 97-160. En: P.E. Berry, B.K. Holst y K. Yatskievych (eds.). Flora of the Venezuelan Guayana Vol. 1: Introduction. Missouri Botanical Garden: St. Louis, Missouri & Timber Press: Portland, Oregon.
[59] Huber y Oliveira-Miranda, M.A., 2010. Ambientes terrestres de Venezuela. Pp: 29-89. En: J.P. Rodríguez, F. Rojas-Suárez y D. Giraldo Hernández (eds). Libro Rojo de los Ecosistemas Terrestres de Venezuela. Provita, Shell Venezuela, Lenovo (Venezuela). Caracas, Venezuela.

En La Esmeralda, capital del municipio, hay intercambio comercial asociado a la venta de artesanías indígenas, presencia de alfarerías, algunas actividades de construcción y otras relacionadas con servicios y necesidades turísticas, tales como reparación de motores, construcción de lanchas (astilleros), las cuales se han visto disminuidas por los problemas de abastecimiento de combustible de los últimos años. La presencia de misiones religiosas, católicas y protestantes, han tenido influencia en cuanto a las actividades agrícolas y algunos tipos de actividades no tradicionales para los pueblos indígenas, que aunadas a las acciones de otros actores apunta a procesos que buscan propiciar la colonización y la explotación de sus recursos naturales en estos territorios[60], desconociendo los derechos indígenas sobre sus territorios tradicionales.

En cuanto a los minerales estratégicos, en las inmediaciones del Parque Nacional, se conoce de la existencia de oro, diamantes, bauxita, caolín, granito, ilmenita (mineral de titanio), minerales raros. En cuanto al titanio, su mayor muestra son las abundantes arenas negras de muchos ríos amazónicos. Así mismo, hay indicios de diamantes en el Alto Ventuari, localidad cercana, y en algunos sitios donde afloran rocas del conglomerado basal Roraima. Otro mineral presente es el Molibdeno, el cual ha sido encontrado en muestras tomadas de las estribaciones del cerro Duida[3].

En los últimos años, la principal causa de deforestación que se ha observado para esta Área Natural Protegida, ha sido el crecimiento de la actividad agropecuaria[61], específicamente la actividad agrícola alrededor de los asentamientos que se han ido estableciendo en la rivera de los ríos al noreste y noroeste de La Esmeralda. Adicionalmente, la explotación ilegal de oro, y otros minerales, surge como la segunda causa más importante de deforestación en esta zona y sus inmediaciones[62]. Esta actividad ha venido en auge asociada con la crisis que ha afectado al país en los últimos años, de la mano del auge en los precios de este mineral. De esta forma, es muy común que en todo el estado Amazonas, muchas transacciones se lleven a cabo en "rayas[63] o gramas", unidades del comercio de oro y otros minerales[64].

El modelo de predicción de deforestación, desarrollado como parte de este estudio, indica que el Parque Nacional Duida Marahuaca tiene dos dinámicas diferentes en su interior. En primera instancia, se encuentra la zona delimitada bajo la cota de los 1.000 m snm, la cual presenta un mayor riesgo de deforestación en los próximos años (2022-2025) y que afectaría al 20% del parque, es decir, cerca de 2.460 km^2. Las celdas de mayor probabilidad de deforestación se encuentran distribuidas a lo largo de los cauces de los ríos que atraviesan el parque nacional, asociadas a las comunidades allí presentes, y que se corresponden con pequeños fundos agrícolas.

La minería, como ya se mencionó, es el otro factor que impulsa la deforestación, pero, afortunadamente, en esta área es relativamente reducida hasta el momento. Las zonas de los centros poblados donde confluyen los ríos como vías principales de acceso, presentan las mayores probabilidades de deforestación para el año 2025. Uno de los centros poblados cercanos de mayor peso es La Esmeralda, capital del municipio, donde se concentra la mayor densidad de población de los alrededores, así como la mayor cantidad de actividades de diferente índole. Esto genera mayor presión por recursos y, por ende, mayor transformación en la cobertura. Como capital del municipio Alto Orinoco, cuenta con una de las pocas pistas pavimentadas en la región con una longitud aproximada de 2,5 kilómetros, lo que facilita la operación de diferentes tipos de aeronaves y la movilización de insumos y productos.

[60] Perera, M.A., 1993. El Amazonas venezolano. Impacto y desarrollo. Fundación Centro Español de Estudios de América Latina, Madrid.
[61] Proyecto MapBiomas Amazonía - Colección 3, 2021. http://amazonia.mapbiomas.org
[62] Raisg, 2020. Amazonía bajo presión. https://www.amazoniasocioambiental.org/es/publicacion/amazonia-bajo-presion-2020/
[63] Unidad de medida menor a una grama (gramo)
[64] Civilis, 2020. Informe sobre Patrones de Violación del Derecho a la Defensa de los Derechos Humanos en Venezuela. Amazonas. https://www.civilisac.org/civilis/wp-content/uploads/Informe-Estado-Amazonas.pdf

Sobre la cota de los 1.000 m snm, y en la transición del piedemonte, la dinámica de deforestación es diferente a las zonas más bajas del parque nacional, con una intensidad mucho menor, asociada a las condiciones de relieve (topografía escarpada del tepuy que puede llegar hasta los 2.880-2.900 m snm) y de suelo, que prácticamente impiden las actividades agrícolas. Esto coincide con la baja probabilidad de deforestación reflejada en el modelo. El área por encima de los 1.000 m snm que aparece con alta probabilidad de deforestación (polígonos internos dentro del cuadrante del ANP) constituye, con bastante seguridad, a un artefacto asociado al tamaño de la celda mínima (22 x 22 km) empleada para el modelo, donde la condición promedio pertenece a tierras bajas.

La dinámica antes mencionada es predicha por todos los escenarios considerados en el modelo de análisis. En la figura 60, se pueden observar los resultados de cada escenario del modelo de deforestación de manera independiente. Los resultados del modelo de probabilidad para cinco de los seis escenarios no varían para la zona de estudio, esto se debe a que las tasas de deforestación son bajas para cada uno de los periodos analizados en el área de estudio.

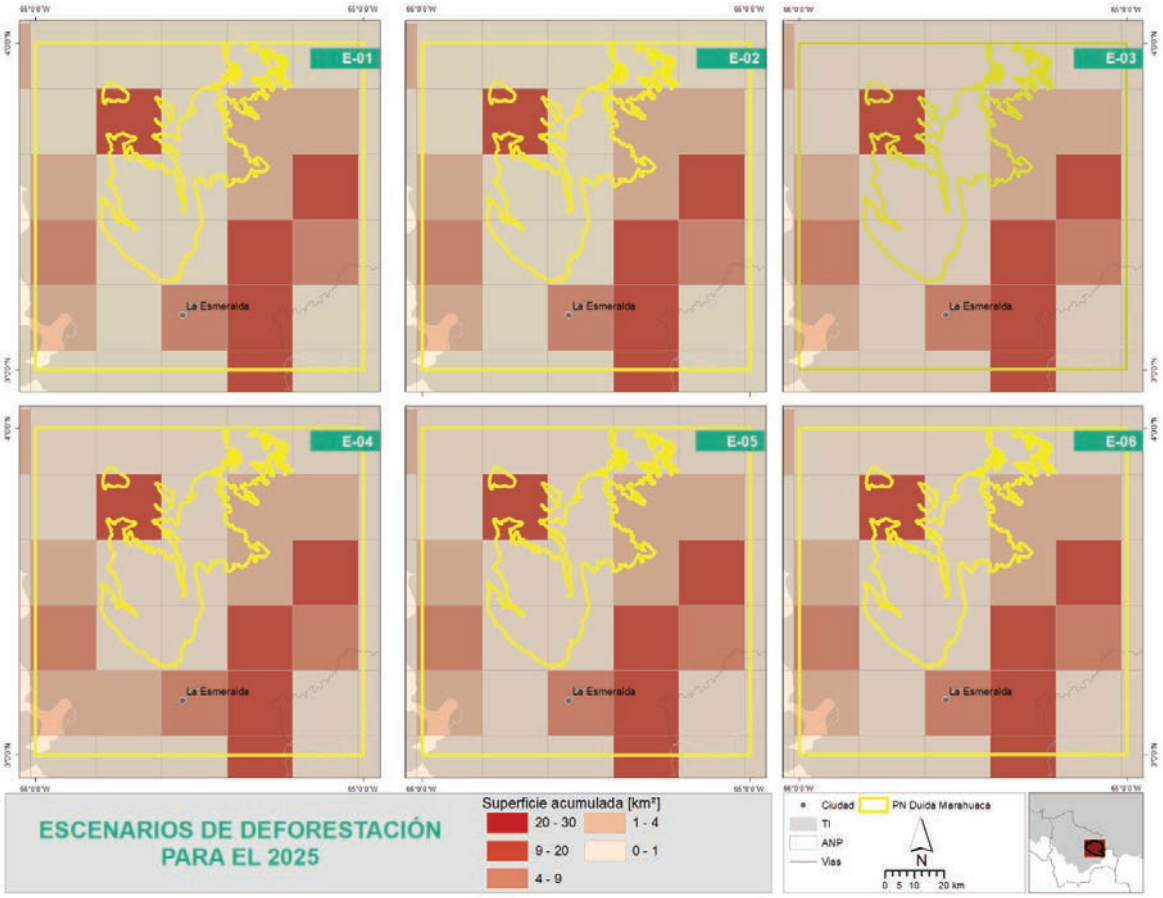


Figura 60. Modelo de probabilidad de deforestación en el Parque Nacional Duida Marahuaca, estado Amazonas.

La dinámica en la utilización tradicional por parte de los pueblos indígenas se vio modificada, parcialmente, hace algunos años atrás por la llegada de grupos religiosos (católicos y protestantes), los cuales favorecieron cambios en las costumbres que incluían definir áreas agrícolas de mayor extensión a las tradicionales y con menor rotación de los cultivos, además de la introducción de algunos rubros exóticos para la región. Esto fue contraproducente, ya que justamente la dinámica tradicional de los pueblos indígenas considera la pobreza de los suelos (típica de la mayor parte de la amazonia venezolana) y el calendario natural de producción de las plantas típicas de la región. Esto conlleva a la expansión de las áreas agrícolas para satisfacer las nuevas demandas (productos no tradicionales), lo que se agudiza en los centros poblados más grandes y, por tanto, más visitados por diferentes actores.

El retorno a las tradiciones en cuanto al manejo del suelo y de la producción agrícola, es relevante para evitar la expansión de la deforestación por esta actividad. Por otro lado, la erradicación de la minería ilegal (oro, coltán, entre otros rubros) es el otro elemento para considerar, no sólo por la deforestación que puede generar, sino también por los daños en términos de salud, violencia y alteración de toda la dinámica social de los pueblos indígenas, y, en particular la contaminación del agua y la fauna acuática.

El Parque Nacional Duida Marahuaca, coincide con el territorio tradicional auto demarcado Ye'kwana-Sänema del Alto Orinoco, por lo que su manejo y gestión debe considerar los derechos indígenas y ambientales amparados en la constitución venezolana y el marco legal internacional.